

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

**IMPACTS ET EFFICACITÉ
DES ZONAGES DES RISQUES CÔTIERS
DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES :
EXEMPLE DE PERCÉ, QUÉBEC**

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GÉOGRAPHIE
EXTENSIONNÉE DE
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

PAR
SUSAN DREJZA

FÉVRIER 2010

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement n°8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Cette maîtrise représente bien plus que la rédaction d'un mémoire et j'aimerais prendre le temps, ici, de remercier ceux qui ont rendu cette aventure possible :

- En premier lieu, je tiens à remercier tout spécialement mon directeur de maîtrise, Pascal Bernatchez, d'avoir bien voulu me diriger dans le cadre de cette recherche. Je lui suis aussi très reconnaissante de m'avoir fait confiance pour ce projet et j'espère avoir répondu à ses attentes. Je voudrais également remercier mon codirecteur, Clermont Dugas. Tous deux m'ont prodigué des conseils et de l'aide pour réaliser ce mémoire et m'ont permis de progresser dans un domaine qui me tient à cœur.
- J'aimerais également remercier Félix Caron, aménagiste de la MRC du Rocher-Percé qui m'a accordé du temps pour me transmettre les connaissances et les besoins du milieu local quant à l'aménagement des côtes. Également merci à Ghislain Pitre, de la municipalité de Percé, pour le temps qu'il m'a accordé pour m'expliquer le mode de fonctionnement de la gestion des risques côtiers et de l'aménagement de sa municipalité.
- Mes remerciements vont aussi à la fondation communautaire Gaspésie-Les Îles pour son aide financière qui m'a permis de me rendre sur mon terrain aussi souvent que nécessaire.
- Je remercie également le gouvernement du Québec et la Chaire de recherche en géoscience côtière pour leur soutien financier dans la réalisation du chapitre IV.
- Un grand merci à tout le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski ainsi qu'à mes collègues du laboratoire et du module de géographie de l'UQAR avec qui j'ai partagé aussi bien les hauts que les bas de la vie d'étudiante à la maîtrise.
- Enfin, je voudrais adresser un remerciement particulier à ma famille qui malgré la distance a cru en moi et m'a apporté son soutien durant ces années. Spécialement à mon père pour ses corrections.
- Last but not least mon conjoint Sylvio. Merci pour tout.

AVANT-PROPOS

Cette recherche prend son origine dans ma passion pour la mer et le littoral qui m'avait déjà poussée à venir continuer mes études de géographie à l'Université du Québec à Rimouski, dans le laboratoire de recherche du professeur Pascal Bernatchez. Plus précisément, c'est l'envie de travailler sur le littoral et ses problématiques qui m'a conduite à choisir d'étudier le zonage des risques côtiers dans un contexte de changements climatiques. Ce sujet est né du plaisir et de l'envie de concilier à la fois la géographie physique et la géographie humaine dans une même recherche. Le fait de pouvoir faire de la géographie utile, de la géographie appliquée mais tout en conservant un lien étroit avec les dernières avancées de la recherche en géomorphologie côtière a également été important. La zone côtière, et les nombreux enjeux qui s'y retrouvent, est ainsi un « terrain de jeu » des plus intéressants pour la géographe que je suis.

Évidemment, ce projet s'appuie sur un site d'étude limité dans l'espace et ayant des caractéristiques propres ce qui limite la généralisation des résultats. Cependant, de par son originalité et les innovations qu'il intègre, ce projet offre un éclairage nouveau sur l'évolution et la gestion de la zone côtière de manière plus globale. En plus de l'innovation scientifique, ce projet comporte une portée pratique qui est de permettre, au meilleur de mes connaissances, de contribuer à une meilleure gestion de la zone côtière, d'en limiter les coûts, ainsi que de rendre plus durables les aménagements et le développement du territoire côtier.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	iii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES CARTES	xiii
LISTE DES ANNEXES	xiv
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES.....	xv
RÉSUMÉ	xvi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
CADRE THÉORIQUE.....	5
1.1 Zone littorale, zone à risque ? concepts et définitions	5
1.1.1 Zone littorale : description et définitions	5
1.1.2 Géorisques côtiers : une problématique importante au Québec maritime	12
1.1.3 Aménagement et gestion de la zone littorale et de ses géorisques	14
1.2 Zonage des risques en milieu côtier	19
1.2.1 Principes et applications du zonage des risques	19
1.2.2 Zonage théorique : marges fixes ou variables.....	21
1.2.3 Réglementations de zonages existantes dans la région	25
1.3 Aménagement côtier et changements climatiques	28
1.3.1 Modifications de l'environnement côtier dues au climat.....	29
1.3.2 Prise en compte de ces modifications dans le zonage	35

1.4 Efficacité à court et long terme des modes de gestion actuels	41
1.4.1 Choisir entre les différentes possibilités d'une même méthode	41
1.4.2 Comparer des possibilités de zonage	42
1.4.3 Définir un horizon d'aménagement	43

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE	45
2.1 Caractérisation de la côte à l'étude	46
2.2 Évolution du secteur d'étude	47
2.2.1 Évolution historique de l'occupation du territoire	47
2.2.2 Évolution de la côte	50
2.3 Projection de l'évolution prévue de la côte	50
2.4 Comparaison des zonages	51
2.5 Évaluation des coûts	53
2.6 Rencontres avec le milieu	54
2.7 Traitement des données dans un SIG	55

CHAPITRE III

DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE	57
3.1 Contexte physique	59
3.1.1 Caractéristiques géomorphologiques	59
3.1.2 Dynamique littorale	61
3.1.3 Dynamique hydrosédimentaire	63
3.1.4 Évolution de la côte	66
3.1.5 Climat du secteur d'étude	69
3.2 Contexte humain	72
3.2.1 Percé : petite municipalité côtière	72
3.2.2 Portrait économique	74
3.2.3 Activités le long de la côte	75

CHAPITRE IV

ÉVOLUTION HISTORIQUE DES RISQUES CÔTIERS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE EN LIEN AVEC SA GESTION..... 82

4.1 Évolution du cadre bâti	83
4.1.1 Évolution générale du nombre de bâtiments dans la zone littorale	83
4.1.2 Nombre de bâtiments à risque et normes de gestion de la côte	85
4.1.3 Évolution du type de bâtiments	89
4.1.4 Exemple du Barachois	93
4.1.5 Origine des risques côtiers	96
4.2 Évolution des superficies non bâties	100
4.2.1 Superficies agricoles	100
4.2.2 Boisés	102
4.2.3 Superficies en friche	102
4.2.4 Synthèse de l'évolution des superficies non bâties	103
4.3 Évolution des voies de communication	104
4.3.1 Voies de communication à risque	106
4.3.2 Déplacements de voies de communication	108
4.3.3 Synthèse de l'évolution des voies de communication	115
4.4 Discussion sur l'évolution des risques	118

CHAPITRE V

COMPARAISON DES DIFFÉRENTS ZONAGES

AVEC L'ÉVOLUTION PROBABLE DU LITTORAL..... 124

5.1 Présentation des différents zonages possibles	125
5.2 Comparaisons des différents zonages avec le trait de côte probable de 2050	127
5.2.1 LQE : Loi sur la qualité de l'environnement	127
5.2.2 Proposition de zonage de la MRC	133
5.2.3 Politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick	134
5.2.4 Application des critères de l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord	136
5.2.5 Taux historiques d'érosion des berges	137

5.2.6 Synthèse des différents zonages vs. le scénario probable.....	140
5.3 Comparaison des différents zonages avec un zonage adapté à l'aménagement du territoire dans un contexte de changements climatiques.....	142
5.3.1 Comparaisons des impacts des différents zonages vis-à-vis du SP+15	142
5.3.2 Synthèse	145
5.4 Discussion sur les différentes options de zonage possibles.....	146
5.4.1 Intégration des paramètres naturels.....	147
5.4.2 Intégration des paramètres climatiques : variations du climat et changements climatiques.....	149
5.4.3 Intégration des paramètres humains : occupation du territoire.....	151
CONCLUSION.....	155
RÉFÉRENCES	159
ANNEXES	172

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Aléas côtiers, activités humaines et risques.....	11
Figure 1.2 : Aléa, enjeu/vulnérabilité et risque côtier	12
Figure 1.3 : Importance de la couverture médiatique traitant de l'érosion au Québec.....	13
Figure 1.4 : Législations concernant les zones côtières	16
Figure 1.5 : Choix possibles face à la problématique de l'érosion.....	18
Figure 1.6 : Marges de retrait pour les constructions utilisées par différents pays	22
Figure 1.7 : Propositions de zonages côtiers variables.....	23
Figure 1.8 : Largeurs de protection prescrites par la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.	25
Figure 1.9 : Évolution prévue des variables climatiques au Canada.....	29
Figure 1.10 : Impacts biophysiques et socio-économiques éventuels des changements climatiques dans les zones côtières.	30
Figure 1.11 : Variation du niveau marin relatif à l'échelle mondiale.....	31
Figure 1.12 : Évolution et projection des températures planétaires	32
Figure 1.13 : Évolution de la couverture de glace dans l'estuaire et le golfe du St-Laurent...	33
Figure 1.14 : Possibilité d'augmentation du risque : modification des aléas combinée à une modification des activités humaines.....	35
Figure 1.15 : Différentes stratégies de la société face à la hausse du niveau marin relatif	39
Figure 1.16 : Facteurs affectant le choix parmi les trois options d'aménagement	41
Figure 2.1 : Comparaison des zonages avec l'évolution probable du trait de côte	53
Figure 3.1 : Direction des vagues engendrées par les tempêtes du golfe du Saint-Laurent et régions qui en sont affectées	66
Figure 3.2 : Évolution globale de la ligne de rivage en fonction du type de côte entre 1934 et 2001	67
Figure 3.3 : Diagramme ombrothermique de la station de Gaspé.....	70

Figure 3.4 : Processus actifs sur les côtes en hiver.....	71
Figure 3.5 : Évolution de la population de Percé	73
Figure 3.6 : Occupation du territoire côtier à Percé	76
Figure 3.7 : La voie ferrée sur la flèche du Barachois : un enjeu majeur.....	77
Figure 3.8 : Exemple de patrimoine domestique : maison ancienne (village de Percé)	81
Figure 4.1 : Nombre de bâtiments obtenu par photo-interprétation et nombre de logements privés occupés d'après les recensements.....	84
Figure 4.2 : Évolution de la population et du nombre de logements privés occupés à Percé..	84
Figure 4.3 : Évolution du nombre de bâtiments par kilomètre de côte en fonction du type de côte	85
Figure 4.4 : Nombre de bâtiments à risque d'érosion selon leur distance à la côte.....	86
Figure 4.5 : Récapitulatif chronologique des lois d'aménagement (Québec).....	87
Figure 4.6 : Évolution de la proportion de bâtiments à risque parmi ceux de la zone littorale	88
Figure 4.7 : Type de bâtiments à moins de 15 m du trait de côte.....	92
Figure 4.8 : Nombre de bâtiments à risque sur la flèche littorale.....	94
Figure 4.9 : Bâtiments présents sur l'extrémité nord de la flèche littorale.....	94
Figure 4.10 : Poste de pêche de Barachois vers 1935	95
Figure 4.11 : Vue sur la flèche de Barachois (début du 20 ^{ème} siècle)	96
Figure 4.12 : Origine du risque des bâtiments de 2001 en fonction du type de côte.....	97
Figure 4.13 : Causes de la hausse du risque pour les bâtiments.....	98
Figure 4.14 : Évolution du nombre de bâtiments à risque excluant ceux de la flèche littorale de Barachois	99
Figure 4.15 : Évolution des superficies agricoles.....	100
Figure 4.16 : Affectations du sol d'après le schéma d'aménagement de la MRC du Rocher-Percé.....	102
Figure 4.17 : Évolution des superficies non bâties dans la zone littorale (Percé)	103
Figure 4.18 : Évolution de l'occupation de la superficie littorale	104
Figure 4.19 : Voies de communication proches du littoral à Percé.....	105
Figure 4.20 : Évolution de la longueur totale des voies de communication (routes et voie ferrée) en zone littorale de Percé.....	106

Figure 4.21 : Évolution des longueurs des voies de communication à risque en fonction de la distance à la côte	107
Figure 4.22 : Photo du tronçon n° 1 : route 132 à risque d'érosion.....	113
Figure 4.23 : Photo du tronçon n° 8 : route à risque d'érosion et de submersion.....	115
Figure 4.24 : Évolution de la proportion de voies de communication à risque.....	116
Figure 4.25 : Émergence des risques côtiers : dynamiques convergentes du trait de côte et de l'occupation du rivage	122
Figure 5.1 : Évaluation des coûts prévisionnels liés à l'érosion pour le secteur de Percé.....	125
Figure 5.2 : Taux de migration historique de la ligne de rivage en fonction des catégories prescrites par la LQE.....	129
Figure 5.3 : Taux de migration de la ligne de rivage en fonction de la largeur de la LQE selon le type de côte.....	130
Figure 5.4 : Taux d'érosion prévus pour 2050 en fonction de la catégorie de la LQE	131
Figure 5.5 : Définition des cours d'eau pour la LQE	132
Figure 5.6 : Taux historique et taux probable d'érosion dans le secteur de Cap-d'Espoir....	138
Figure 5.7 : Taux historique et taux probable d'érosion à Coin-du-Banc	139
Figure 5.8 : Intérêt de zoner plus que le taux d'érosion prévu pour 2050.....	141

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Exemples de limites de la zone côtière.....	7
Tableau 1.2 : Différents types d'adaptation	17
Tableau 1.3 : Résumés des types de zonage des risques côtiers possibles.....	28
Tableau 1.4 : Résultats des simulations de l'impact des variations de température sur les conditions de glace pour la période 1996-2003 et des projections futures.....	33
Tableau 1.5 : Stratégies d'adaptation aux aléas pour les zones côtières	39
Tableau 2.1 : Caractéristiques de la côte recueillies lors de la segmentation.....	46
Tableau 2.2 : Scénarios d'évolution de la côte pour 2050	51
Tableau 3.1 : Types de côte du secteur d'étude.....	59
Tableau 3.2 : Répartition des types de côte selon les secteurs considérés	60
Tableau 3.3 : Lithologie des falaises rocheuses de Percé.....	61
Tableau 3.4 : Degré d'altération des falaises rocheuses de Percé	61
Tableau 3.5 : État de la côte de Percé en 2006.....	62
Tableau 3.6 : Évolution de l'artificialisation de la ligne de rivage de Percé.....	63
Tableau 3.7 : Fetch auquel sont soumises les côtes de Percé.....	65
Tableau 3.8 : Taux de recul moyens récents dans le secteur de Percé (2005-2007)	68
Tableau 3.9 : Pendage des falaises rocheuses de Percé.....	69
Tableau 3.10 : Population active selon le secteur économique d'activité.....	74
Tableau 3.11 : Répartition du type de voies de communication dans la zone côtière de Percé	77
Tableau 3.12 : Répartition des bâtiments à moins de 100 m du trait de côte	78
Tableau 3.13 : Longueur des côtes occupées par les infrastructures touristiques	80
Tableau 4.1 : Évolution du nombre de bâtiments proches du trait de côte.....	88
Tableau 4.2 : Type et vocation des bâtiments pour le secteur de Cap-d'Espoir.....	89
Tableau 4.3 : Utilisation des bâtiments pour le secteur du village de Percé	90
Tableau 4.4 : Bâtiments à risque en 2001 en fonction de l'origine du risque	96

Tableau 4.5 : Origine du risque d'érosion pour les bâtiments nouvellement à risque	97
Tableau 4.6 : Longueurs de voies à risque d'érosion à Percé (1934-2001).....	106
Tableau 4.7 : Nombre de bâtiments à risque en fonction du type de côte (1934-2001).....	120
Tableau 5.1 : Superficies et éléments inclus dans les zonages étudiés.....	126
Tableau 5.2 : Comparaison du zonage de la LQE avec le SP	128
Tableau 5.3 : Comparaison de la LQE avec les taux d'érosion historiques, récents et prédits	132
Tableau 5.4 : Comparaison du nouveau zonage de la MRC avec le SP.....	134
Tableau 5.5 : Comparaison de la politique du Nouveau-Brunswick avec le SP	135
Tableau 5.6 : Comparaison du zonage découlant des critères de la Côte-Nord avec le SP...	136
Tableau 5.7 : Comparaison des zonages historiques 30 ans avec le SP	137
Tableau 5.8 : Comparaison des zonages historiques 50 ans avec le SP	137
Tableau 5.9 : Comparaison globale des zonages vis-à-vis du scénario probable.....	140
Tableau 5.10 : Zones soustraites à un développement potentiel vis-à-vis du SP +15 m.....	143
Tableau 5.11 : Zones prévues à risque par le SP +15 m mais non zonées	143
Tableau 5.12 : Comparaisons générales des zonages vis-à-vis du SP+15.....	145

LISTE DES CARTES

Carte 2.1 : Zones utilisées pour la photo-interprétation	49
Carte 3.1 : Localisation de la zone d'étude de Percé.....	57
Carte 3.2 : Limites de la zone d'étude de Percé	58
Carte 3.3 : Types de côte de Percé	60
Carte 3.4 : État de la côte à Percé.....	62
Carte 3.5: Mouvements verticaux de la croûte terrestre dans l'est du Canada.....	64
Carte 3.6 : Courants de dérive principale et secondaire du secteur de Percé	65
Carte 3.7 : Aléas côtiers dans la zone côtière de Percé	68
Carte 3.8 : Activités côtières et maritimes de la région de Percé	79
Carte 4.1 : Localisation du Barachois de la Malbaie (Percé)	93
Carte 4.2 : Occupation des terres prévue au schéma d'aménagement.....	101
Carte 4.3 : Localisation des tronçons déplacés des voies de communication	109
Carte 4.4 : Localisation du tronçon déplacé de la voie ferrée	110
Carte 4.5 : Voie ferrée à risque actuellement	111
Carte 4.6 : Tronçon n° 10 : route 132 déplacée mais de nouveau à risque (Pointe-St-Pierre)....	112
Carte 4.7 : Tronçon n° 1 : route 132 déplacée mais de nouveau à risque (Cap-d'Espoir)	113
Carte 4.8 : Tronçon n° 8 : déplacement de la route 132, l'ancien tronçon devient une route municipale (Belle-Anse)	114

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Définitions des types de côte	172
Annexe 2 : Définition de l'état de la côte.....	173
Annexe 3 : Adaptation du zonage du comité d'experts sur l'érosion des berges.....	174
Annexe 4 : Carte de répartition des zones de protection selon la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (LQE)	175
Annexe 5 : Évolution des superficies agricoles, forestières et en friche pour la zone littorale de Percé entre 1934 et 2001	176
Annexe 6 : Voies de communication à risque en 2001	177

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

- GIEC : Groupe international d'experts sur le climat
- GIZC : gestion intégrée des zones côtières
- Ha : hectare
- LDGIZC : Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'Université du Québec à Rimouski.
- LQE : Loi sur la qualité de l'environnement (loi de compétence provinciale)
- MAMR : ministère des Affaires Municipales et des Régions du Québec
- MEDD : ministère de l'Écologie et du Développement Durable (France)
- MDDEP : ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (Qc)
- MRC : Municipalité régionale de comté
- MSP : ministère de la Sécurité publique du Québec
- MTQ : ministère du Transport du Québec
- NMR : Niveau marin relatif
- SP : scénario probable (concernant l'érosion prévue pour 2050)
- UQAR : Université du Québec à Rimouski

RÉSUMÉ

La problématique des géorisques côtiers que sont l'érosion et la submersion est importante dans l'Est du Québec comme dans le monde. Ceci vient à la fois d'une augmentation des infrastructures présentes sur les côtes, mais aussi d'une augmentation des aléas dans le contexte actuel de changements climatiques. Pour gérer ces risques, peu d'études permettent de choisir la méthode la plus adaptée selon les besoins locaux et d'en connaître l'efficacité. Pour répondre à ces questions, la municipalité de Percé (Gaspésie, Québec) a servi de terrain d'étude. Tout d'abord, une évolution de l'occupation des terres a été réalisée à l'aide de 6 séries de photographies aériennes (1934 à 2001) ainsi que d'archives traitées dans un SIG. L'analyse de ces données a permis de déceler des changements de vocation du territoire côtier, elle a également révélé une hausse de 133 % des constructions à risque d'érosion depuis les années 1980 malgré la mise en place de lois de gestion de l'aménagement. Seul un cinquième de cette hausse peut être attribué au déplacement de la ligne de rivage alors que 83 % des bâtiments à risque sont de nouvelles constructions. Des mésadaptations ont également été constatées ne limitant les risques que sur une période trop courte. L'origine de ces comportements découle du non-respect des lois en partie dû à leur non-compréhension, d'où un besoin d'information et d'explication. Ces comportements peuvent aussi être dus à une trop grande confiance envers les techniques de protection ou à un manque de connaissances populaires vis-à-vis des risques. Dans un deuxième temps, une analyse de cinq zonages provenant de cadres législatifs, théoriques ou d'expériences locales a été effectuée. Ceux-ci ont été comparés avec les plus récentes données estimant la position du trait de côte en 2050. Il en est ressorti certaines lacunes importantes concernant les superficies zonées, à savoir des territoires à risque d'érosion non protégés (jusqu'à 86 %) ou *a contrario* des superficies protégées trop importantes (jusqu'à 32 %). Il en résultera, respectivement, une hausse probable des nouvelles constructions à risque ou une limitation excessive au développement de la municipalité. Les lacunes des zonages proviennent des cadres théoriques et des préceptes sur lesquels est basée leur élaboration. Cela met ainsi l'accent sur l'importance que la gestion des côtes doive à la fois intégrer leurs paramètres naturels, les paramètres anthropiques de leur occupation, ainsi que les facteurs climatiques du milieu. L'utilisation des géosciences dans cette perspective permettrait ainsi de renforcer l'efficacité tant immédiate qu'à long terme des mesures de gestion.

Mots clés : Percé, Zonage, Risques côtiers, Changements climatiques, Érosion côtière, Gouvernance, Utilisation du sol

INTRODUCTION

L'érosion est un phénomène naturel qui affecte la majorité des zones côtières du monde (Clark, 1996; Bird, 2008; Paskoff, 2001a); le Canada et le Québec ne sont pas épargnés. Les côtes de ce dernier sont d'ailleurs sensibles à l'érosion à plus de 50 % (LDGIZC, 2009). Au Québec maritime, plus particulièrement ces dernières années, les problématiques associées aux risques d'érosion et de submersion ont régulièrement fait l'objet d'une couverture médiatique locale mais aussi régionale ou nationale. Ceci s'insère dans une problématique d'érosion côtière généralisée à l'ensemble de la planète (Paskoff, 2001a, 2003) d'autant plus importante qu'une forte proportion de la population mondiale habite ou utilise les littoraux (GIEC, 2001). La problématique des risques côtiers dans l'Est du Québec et du Canada est sérieuse et engendre des coûts importants alors même qu'elle se produit dans des régions moins peuplées et moins nanties financièrement. Plus du tiers de la population du Québec maritime vit à moins de 500 mètres des berges du Saint-Laurent et plus de 90 % à moins de 5 km (Bourque et Simonet, 2008) alors même que les côtes de ces régions sont majoritairement actives (LDGICZ, 2009). Les enjeux sont donc majeurs pour l'Est du Québec tant sur le plan économique et social qu'environnemental. De plus, beaucoup de connaissances restent encore à acquérir concernant la dynamique côtière. Par exemple, au Québec, les connaissances disponibles sur les côtes à falaises rocheuses sédimentaires sont encore fragmentaires alors même qu'elles constituent une grande proportion des côtes du Québec maritime (Bernatchez et Dubois, 2004), et les connaissances sur les processus hivernaux, alors même qu'ils sont en action sur une grande partie de l'année, sont elles aussi limitées (Bernatchez et Dubois, 2008). La gestion doit donc, en plus d'intégrer les connaissances actuelles, être flexible et pouvoir intégrer les futures connaissances qui vont être développées.

La vulnérabilité des communautés côtières, déjà importante à l'heure actuelle, pourrait augmenter avec les changements dans les conditions environnementales. En effet, les processus érosifs et leurs impacts se sont amplifiés ces dernières années (Bernatchez *et al.*, 2008 a; Savard *et al.*, 2009). Cet accroissement peut être dû tant à des changements environnementaux physiques tels que le réchauffement climatique (Shaw *et al.*, 1998; GIEC, 2001 et 2007 a et b; Mörner, 2004), qu'à des changements dans l'environnement humain tels que le développement urbain et les actions non concertées.

Il semble donc nécessaire pour les collectivités des régions côtières de s'adapter aux conditions environnementales dynamiques des littoraux. « L'adaptation entraîne un ajustement des décisions, des activités et des opinions aux changements constatés ou prévus des conditions climatiques, en vue d'en freiner les dommages ou de tirer profit des possibilités qu'ils présentent. » (Lemmen *et al.*, 2008). Une gestion préventive de cette problématique des géorisques côtiers pourrait ainsi limiter les coûts induits et augmenter la résilience des communautés. Cependant, malgré l'adoption de la loi sur l'aménagement et l'urbanisme en 1979 qui prévoit que les MRC doivent identifier dans leur schéma d'aménagement les contraintes naturelles à l'aménagement (y compris les risques naturels), aucune analyse de l'efficacité de ces zonages en milieu côtier n'a été réalisée jusqu'à maintenant. Bien que des mesures de gestion soient également instaurées le long de nombreuses côtes du monde, à plusieurs endroits des risques demeurent et des problèmes de gestion apparaissent (France : Robin et Verger, 1996; Meur-Ferec, 2006 – Canada : Stewart *et al.*, 2003 – UK et Nouvelle-Zélande : Ballinger *et al.*, 2000); cela soulève donc la question des bases scientifiques ayant conduit à l'élaboration de ces mesures et de leurs lacunes. Il n'existe, ainsi, pas de moyens permettant à un gestionnaire de choisir la meilleure option de gestion ou de zonage pour son territoire. C'est dans cette perspective que le gouvernement du Québec a adopté, en 2006, un cadre de prévention des principaux risques naturels (ministère de la Sécurité publique, 2008 et 2009). Pour cela, il est également important de bien connaître les impacts des précédentes mesures en matière de gestion des côtes et d'aménagement du territoire afin d'en connaître les points forts et les faiblesses relativement à la problématique qui nous concerne. Des données quantitatives sur la

dynamique des aléas côtiers sont également nécessaires non seulement pour établir des critères de zonage fiables, mais aussi pour déterminer des solutions d'adaptation appropriées.

Ce projet de recherche s'inscrit dans la continuité d'une étude interdisciplinaire portant sur la sensibilité des côtes et sur la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques (Savard *et al.*, 2009; Bernatchez *et al.*, 2008 a). L'**objectif principal** est d'analyser la relation entre l'évolution de l'occupation du territoire côtier, la mise en place de zonage et l'évolution des risques littoraux. L'étude se divise donc en deux parties dont les objectifs sont :

- identifier les impacts des mesures de gestion de la zone côtière mises en place au cours de la 2^{ème} moitié du 20^{ème} siècle, tels que les schémas d'aménagements et les politiques de protection de l'environnement, sur l'évolution de l'occupation du sol et des risques littoraux;
- connaître l'efficacité des différentes possibilités de zonages des risques qui s'offrent aux aménagistes et aux gestionnaires pour les côtes de la région.

L'**hypothèse** qui sous-tend ce travail est que la prise en compte des données sur la dynamique côtière et des changements climatiques ainsi que des paramètres anthropiques de l'occupation de la côte améliorerait l'efficacité tant immédiate qu'à long terme du zonage des risques en milieu côtier. La mise en place d'un zonage devrait également atténuer le risque pour la population et les infrastructures. Cette étude permettra donc de déterminer des paramètres importants pour un zonage efficace des risques en milieu côtier.

Afin de répondre au mieux à ces objectifs, le choix du secteur d'étude s'est arrêté sur la municipalité de Percé (Gaspésie, Québec, Canada) car il s'agit d'un territoire très bien documenté géographiquement et qui a déjà fait l'objet d'études importantes sur son milieu côtier (Savard *et al.*, 2009; Bernatchez *et al.*, 2008 a et b) dans la continuité desquelles s'inscrit ce mémoire.

Ce projet, en intégrant les dernières connaissances physiques sur les côtes et leur évolution ainsi que les paramètres anthropiques d'utilisation et d'aménagement des côtes, apporte un regard neuf sur la gestion côtière. Cette double facette qu'apporte la géographie (physique et humaine) permet, en effet, une analyse complète d'une problématique complexe. L'originalité du projet est d'essayer d'identifier le type de zonage qui convient le mieux à un territoire en intégrant à la fois ses paramètres naturels, les changements climatiques ainsi que ses particularités humaines. Il s'agit également de mettre en application des principes de gestion et des propositions de zonages jusqu'alors principalement théoriques.

Nous présenterons d'abord le cadre théorique dans lequel s'inscrit ce mémoire avant de détailler la méthodologie qui a été utilisée. Ensuite sera effectuée une description du site d'étude. Finalement, les résultats et leur interprétation seront exposés en deux chapitres à savoir 1) l'évolution historique de l'occupation du territoire et des risques côtiers puis 2) la comparaison des différents zonages côtiers avec l'évolution probable du littoral.

CHAPITRE I

CADRE THÉORIQUE

Les concepts et les définitions se rapportant à la zone littorale en tant que zone à risque seront exposés ici afin de permettre une meilleure compréhension de la problématique et de définir les notions utilisées. Par la suite, l'accent sera mis sur le cadre théorique relié au zonage des risques en milieu côtier. Ensuite sera abordé l'aménagement côtier dans le contexte des changements climatiques avant de finir par évoquer l'efficacité à court et à long terme des modes de gestion actuels.

1.1 Zone littorale, zone à risque ? concepts et définitions

1.1.1 Zone littorale : description et définitions

Il est aisé de s'imaginer les zones côtières, ces plages et ces zones près de la mer qui accueillent une part importante de la population mondiale (GIEC, 2001; Paskoff, 2003). Cependant, la définition précise de la zone littorale n'est pas simple car il n'existe pas de consensus sur ce qu'elle est ni sur sa délimitation. Si tous s'accordent à dire de la zone côtière qu'il s'agit de l'interface entre l'hydrosphère et la terre, entre l'environnement océanique et l'environnement terrestre; son extension à l'intérieur des terres et dans la mer est très variable (Clark, 1996). Les définitions dépendent ainsi de l'utilisation que vont en faire les usagers, de leurs besoins de gestion et d'analyse de la zone côtière ainsi que de l'échelle utilisée. Les définitions peuvent être aussi simples que « partie de la terre qui borde

une mer ou un lac » (Grand dictionnaire de terminologie, s.d.) ou aussi complexes que « l'espace géomorphologique de part et d'autre du rivage de la mer où se manifeste l'interaction entre la partie marine et la partie terrestre à travers des systèmes écologiques et systèmes de ressources complexes comprenant des composantes biotiques et abiotiques coexistant et interagissant avec les communautés humaines et les activités socio-économiques pertinentes » (article 2 du Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Méditerranée, 2008). Il est également possible de considérer la zone côtière comme un *écosociosystème* étant donné qu'elle est un espace particulier tant d'un point de vue écologique que sociétal, mais la zone côtière peut également être abordée d'un aspect purement juridique, biologique, artistique ou patrimonial (Pellegrini, 2008; Daligault, 2008; Rochette, 2008) ce qui complique la communication (Provencher et Dubois, 2010). Si l'imprécision de la définition peut conduire à une mauvaise harmonie des échelles et des plans d'action, celle-ci permet aussi paradoxalement un meilleur ajustement de la définition aux besoins précis de l'étude. Les juristes considèrent ainsi la zone côtière comme une notion « téléologique », dont la définition variera en fonction de la problématique à traiter (Meur-Ferec, 2006).

Les zones côtières peuvent donc avoir des extensions géographiques très différentes. La région française de Bretagne, par exemple, se considère ainsi intégralement comme étant une zone côtière (Région Bretagne, 2009). Selon cette logique, toute la Gaspésie serait une zone côtière. Selon les pays, les largeurs assignées à la zone côtière sont très variables comme le montrent les huit exemples du tableau 1.1 dont l'extension terrestre est comprise entre 100 m et 10 km. Cependant, dans notre étude, nous retiendrons une définition plus restreinte de cette zone comme étant un secteur qui comprend à la fois une partie terrestre et une partie marine autour de l'interface dynamique que constitue le trait de côte. Étant donné que nous travaillerons seulement à l'échelle d'une municipalité, nous ferons la distinction entre la zone côtière de Percé (le 1^{er} km à l'intérieur des terres à partir du trait de côte) et l'arrière-pays (le reste du territoire).

Tableau 1.1 : Exemples de limites de la zone côtière

Pays	Limite terrestre	Limite marine
Brésil	à 2 km de la LHE	à 12 km de la LHE
Costa Rica	à 200 m de la LHE	la LBE
Chine	à 10 km de la LHE	isobathe de 15m de profondeur
Israël	1 à 2 km (variable)	à 500 m de la LBE
Australie du sud (AU)	à 100 m de la LHE	à 3 miles nautiques de la LB
Queensland (AU)	à 400 m de la LHE	à 3 miles nautiques de la LB
Espagne	500 m à partir de la plus haute tempête ou ligne de marée	à 12 miles nautiques (limite des eaux territoriales)
Sri Lanka	à 300 m de la LHE	à 2 km de la LBE

Abbreviations : LHE = Ligne des hautes eaux; LBE = Ligne des basses eaux; LB = ligne de base

(Source : modifié de Sorensen et McCreary, 1990)

1.1.1.1 Composante physique des risques côtiers

Si l'on se concentre sur l'interface terre/mer, il est important de tenir compte de la dynamique littorale. Celle-ci est constituée des éléments physiques qui ont un impact sur la dynamique et l'évolution de la côte rendant cette ligne variable dans le temps et dans l'espace. L'évolution de la côte résulte de processus d'érosion de premier ordre qui peuvent être regroupés dans les grandes catégories suivantes : aérodynamique/hydrodynamique, hydrogéologique/gravitaire, météorisation, biologique, anthropique et chimique (Bernatchez et Dubois, 2004). La côte ne peut donc pas se limiter à un trait de crayon sur une carte, elle est dynamique et évolue dans le temps et dans l'espace par le biais de différents processus. Les littoraux sont, en effet, un *système dynamique* et non statique. La prise en compte de ce dynamisme, de cet équilibre dynamique, est donc primordiale. (Paskoff, 2003; Miossec, 2004).

Il est important de savoir, qu'actuellement, la dynamique naturelle est modifiée par les actions anthropiques qui peuvent avoir des impacts importants et modifier son évolution (Meur-Ferec, 2006; Paskoff 2004 b). L'humain est donc devenu, de manière voulue ou non, un puissant agent de modification de la côte (Paskoff, 2003). Aucune portion de côte n'est épargnée par l'action de ce nouvel agent d'évolution :

No place on earth (and no coast) is beyond the influence of humans because "humankind has become a force [...] as powerful as many natural forces of change, stronger than some, and sometimes as mindless as any" (Meyer, 1996, p. 2)

Un *aléa côtier* peut se définir comme étant « la probabilité d'occurrence d'un évènement menaçant lié à un phénomène potentiellement préjudiciable, dans un temps donné ou une zone donnée. » (Agence européenne pour l'environnement, 2009; McInnes, 2006). Les aléas côtiers résultent d'une variabilité naturelle du climat et peuvent également être défini comme étant un « phénomène, manifestation physique ou activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement » (ministère de la Sécurité Publique du Québec, 2008). « L'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données » (ministère de l'Écologie et du Développement Durable de France, 2004 b). L'aléa est localisé dans l'espace (« où se produit-il ? »), arrive avec une certaine récurrence (« quand se produit-il ? ») et se produit avec une intensité plus ou moins forte (« comment se produit-il ? ») (Département du Pas-de-Calais, 2007 a et b; MSP, 2008). Étant donné que l'aléa « érosion » fait disparaître des terres côtières de manière irrémédiable, il est classifié comme fort dans les plans de prévention des risques naturels en France (sur une échelle qui comprend : négligeable, faible, moyen, fort).

Le terme anglophone *hazard* est utilisé dans certains ouvrages; il correspond habituellement au terme français « aléas », mais certains auteurs vont aussi l'employer comme synonyme de « risque ». « Le terme aléa correspond à la notion de *hazard* utilisée en anglais dans le domaine de la sécurité civile pour désigner un événement ou un phénomène dangereux comme un séisme, une tornade ou un accident de transport. L'usage du mot aléa s'impose de plus en plus dans la francophonie pour exprimer cette notion de *hazard*. » (Ministère de la Sécurité Publique du Québec, 2008). Plusieurs auteurs travaillant sur la gestion des risques côtiers ainsi que sur l'impact des changements climatiques utilisent, eux aussi, le terme *hazard* pour désigner les aléas car cela permet une plus grande précision (Agence européenne pour l'environnement, 2009; McInnes, 2006; Fairbank et Jakeways, 2006; Meur-Ferec *et al.*, 2008). En effet, lorsqu'il est employé comme synonyme de *risque*, il n'existe pas d'autre mot pour *aléas* et il n'est alors plus possible de faire la distinction entre le processus naturel qui en est la cause et la conséquence pour les humains.

1.1.1.2 Composante humaine des risques côtiers

D'un point de vue humain, la côte est une interface attractive qui attire les établissements et les constructions anthropiques. Cet attrait est particulièrement vrai dans les régions de l'Est du Québec étant donné, qu'historiquement, l'arrivée de la population s'est effectuée par la côte et a longtemps été liée à une économie dépendante de la pêche. Même si la population est faible, elle est donc concentrée sur la bordure littorale du territoire.

Les **enjeux** sont « l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel » (Ministère de l'Écologie et du Développement durable de la France, 2004a). Les biens pris en compte peuvent avoir une valeur monétaire ou non monétaire (ministère de l'Écologie et du Développement Durable de la France, 2004b). En zone littorale gaspésienne, ils sont nombreux et variés. L'espace perçu et l'attractivité de la côte sont des enjeux même s'ils ne sont pas directement monnayables.

La **vulnérabilité** est une notion complexe qui peut différer selon l'utilisation que l'on veut en faire et le champ de recherche (Füssel, 2007). En ce qui a trait à la gestion, la vulnérabilité peut se traduire comme étant « le degré auquel un système est prédisposé à un aléa et capable de faire face à une avarie, un dégât ou un dommage. » (Agence européenne pour l'environnement, 2009; McInnes, 2006). Il est aussi possible de définir la vulnérabilité comme étant la « condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages. » (MSP, 2008). La vulnérabilité n'est pas un concept absolu, mais est plutôt liée à un certain type de perturbation, ce qui veut dire qu'un système peut être vulnérable relativement à certains aléas mais pas à d'autres (Gallopain, 2006). Les facteurs techniques et institutionnels peuvent également, souvent, expliquer la vulnérabilité (Adger, 2006). « La vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux » (Ministère de l'Écologie et du Développement Durable de France, 2004 b). La vulnérabilité d'une communauté ou d'un individu peut être variable et va ainsi dépendre de multiples facteurs dont son exposition aux aléas/perturbations, la susceptibilité d'occurrence, sa capacité adaptative/de réponse ainsi que sa sensibilité (Adger, 2006; Dolan

et Walker, 2004; Gallopin, 2006). Pour plusieurs risques naturels, la vulnérabilité des populations humaines dépend donc de leur lieu de résidence, de leur usage du milieu naturel ainsi que des ressources dont ils disposent pour y faire face (Adger, 2006).

Le type de bâtiments, l'occupation des terres ainsi que les mentalités sont autant d'éléments qui peuvent varier. Les constructions et les infrastructures présentent une certaine vulnérabilité aux perturbations naturelles (aléas). Dans notre étude, l'importance des enjeux dépend donc à la fois du type d'infrastructure qui est soumis à l'aléa mais aussi de la vulnérabilité propre à cette infrastructure.

1.1.1.3 Risques littoraux

« Consequently, the coast can be a risky place to maintain habitations. »

(Clark, 1996, p. 75)

Il est important de bien définir ce qu'est le **risque** qui peut se définir comme étant la « perte prévue (décès, blessés, dégâts aux propriétés et perturbations de l'activité économique) due à un aléa spécifique pour une zone donnée et pour une période de référence donnée. Sur la base de calculs mathématiques, le risque est le produit de l'aléa et de la vulnérabilité. » (Agence européenne pour l'environnement, 2009; McInnes, 2006). De manière plus précise, nous nous occuperons ici des risques naturels liés à des aléas. Le **risque naturel** « est un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte, donc, de la conjonction de l'aléa et d'un enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportée à l'intensité de l'aléa. À cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité pour y intégrer sa composante sociale. » (Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publique, 1997). Les aléas peuvent être modifiés, atténués et amplifiés par les activités humaines mais, étant donné leur origine et leur mode de fonctionnement naturel, le risque en résultant est considéré comme naturel (principalement par opposition aux risques technologiques). « A natural hazard becomes a natural risk when

population and property might be affected » (Agence européenne pour l'environnement, 2009). Le risque résulte donc de la présence humaine (Meur-Ferec, 2006). Ainsi, nous retiendrons l'équation suivante : $R = A * V$ avec R = risque, A = aléa et V = vulnérabilité. Ce concept peut également être présenté, sur les figures 1.1 et 1.2, comme la superposition de la zone soumise à un aléa et de celle occupée par les activités humaines. Si l'érosion côtière en elle-même ne peut pas être considérée comme étant un problème, elle le devient seulement parce que, de par nos activités, les terres côtières ont une trop grande valeur pour qu'il puisse être possible de les laisser se perdre au profit de l'érosion (Thorne *et al.*, 2007).

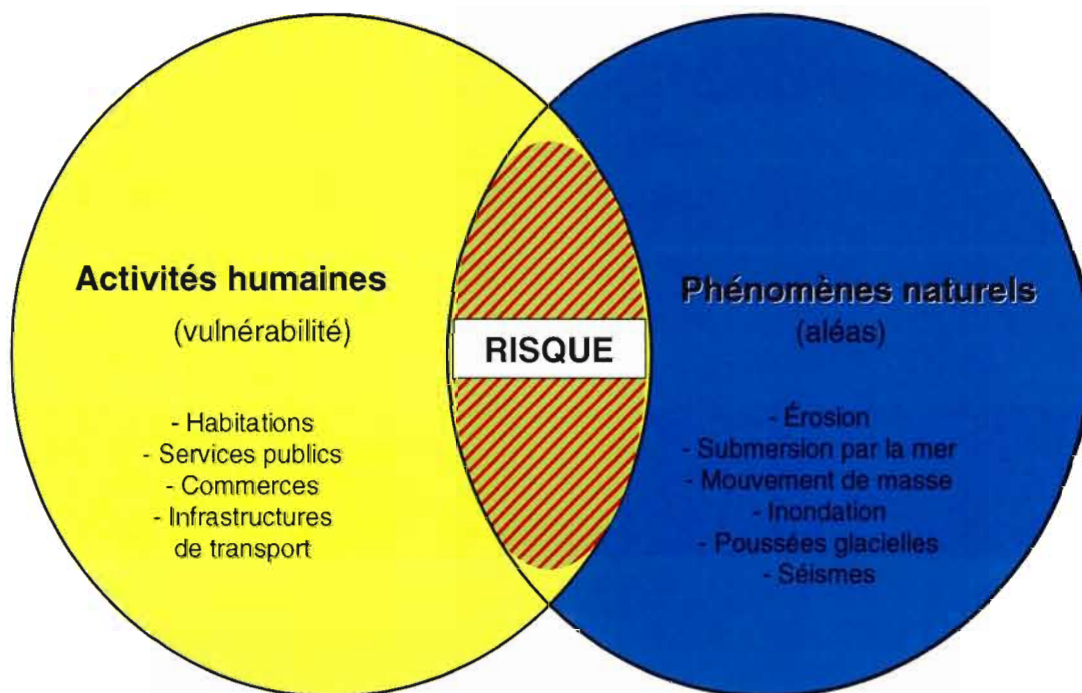


Figure 1.1 : Aléas côtiers, activités humaines et risques

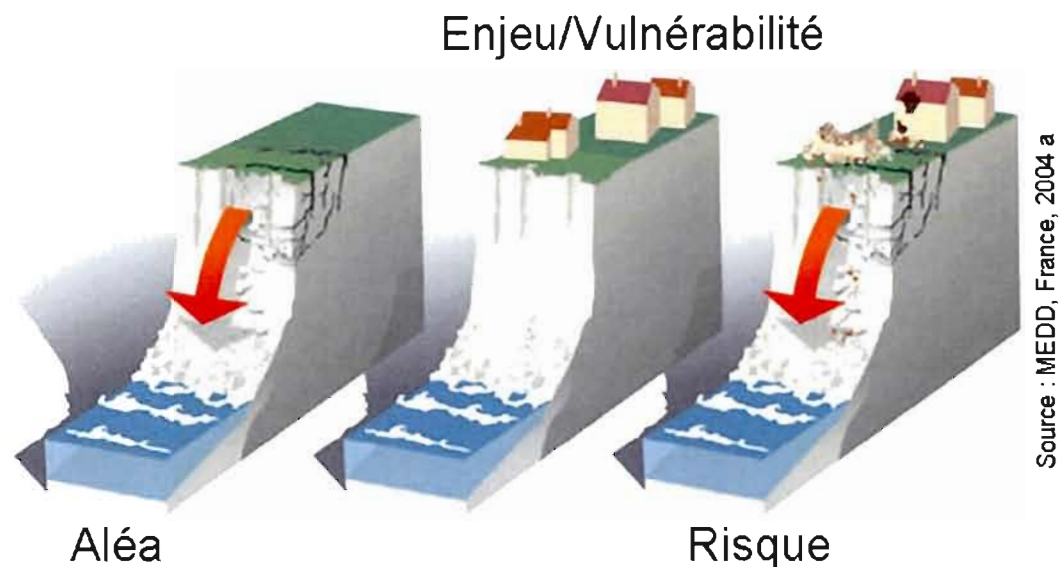


Figure 1.2 : Aléa, enjeu/vulnérabilité et risque côtier

Le recul graduel des côtes par l'action des vagues entraîne généralement peu de risque pour les personnes. En revanche, la perte de terrain côtier induit un risque conséquent pour les infrastructures.

1.1.2 Géorisques côtiers : une problématique importante au Québec maritime

En raison des nombreux enjeux présents sur les littoraux, la problématique engendrée par les géorisques côtiers est importante pour l'Est du Québec (Savard *et al.*, 2009; Bernatchez et Dubois, 2004; Morneau *et al.*, 2001). Les presses locale et nationale abordent ainsi régulièrement, et de plus en plus, le sujet de l'érosion des berges des rives et des côtes, et relaient les derniers rapports des groupes de recherche (figure 1.3). En effet c'est un sujet qui, même s'il n'est pas toujours traité avec objectivité, affecte et intéresse la population de l'Est du Québec et les médias (Bourque et Simonet, 2008).

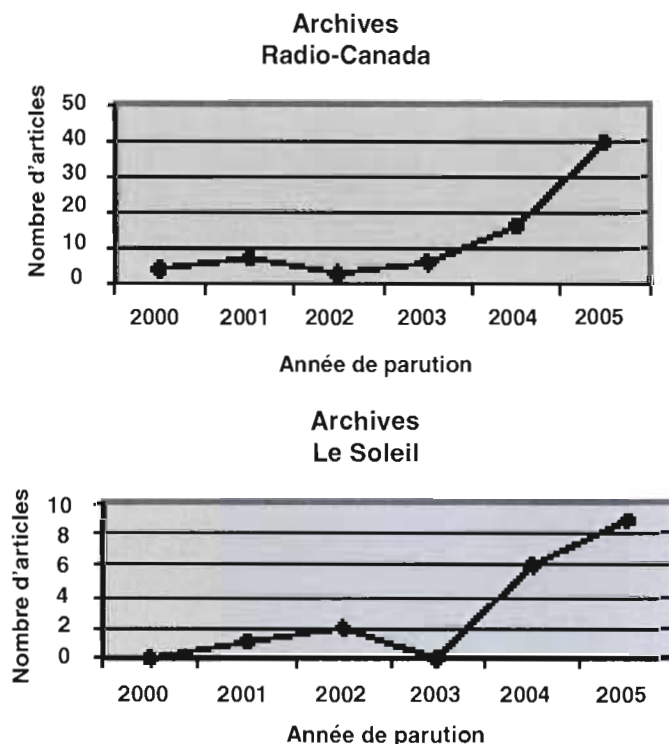


Figure 1.3 : Importance de la couverture médiatique traitant de l'érosion au Québec
(Source : Goujon, 2006 in Bernatchez, 2007).

Les résidents se sentent démunis vis-à-vis de cette problématique. Les décisions prises par les instances supérieures ne sont pas toujours bien comprises et le temps nécessaire à la recherche leur paraît long (Radio-Canada, 2009). Ainsi, la population réclame une meilleure transparence. En avril 2009, Radio-Canada titrait d'ailleurs: « Une meilleure communication souhaitée » en évoquant le phénomène de l'érosion des berges.

Un cadre de prévention des principaux risques naturels a été mis en place en 2006 par le gouvernement du Québec, afin de répondre à l'importance de la problématique liée aux aléas naturels pour les régions de l'Est du Québec. Ce plan d'action concertée implique cinq ministères soit le ministère de la Sécurité publique, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, le ministère des Affaires municipales et des Régions, le ministère des Transports et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MSP, 2007). De plus, une Chaire de recherche en géoscience côtière a été créée à l'Université du Québec à Rimouski afin d'acquérir et de maintenir une expertise sur l'érosion du littoral.

Celle-ci est financée par le gouvernement du Québec (MSP, 2009), ce qui montre l'implication de la recherche et du gouvernement dans l'amélioration des connaissances et des solutions concernant l'érosion. Un guide sur la gestion des risques en sécurité civile a aussi été élaboré pour les acteurs du milieu afin d'assurer une meilleure diffusion des méthodes et des concepts relatifs à l'analyse du risque (MSP, 2008).

1.1.3 Aménagement et gestion de la zone littorale et de ses géorisques

1.1.3.1 Gestion et aménagement du territoire, notions importantes

L'aménagement se définit comme étant *l'organisation de l'espace* par des équipements appropriés de manière à mettre en valeur les ressources naturelles du lieu et à satisfaire les besoins des populations intéressées (Grand dictionnaire de terminologie, s.d.). L'aménagement et la gestion de l'urbanisation se font traditionnellement par un zonage (plan d'urbanisme, schéma d'aménagement) qui divise le territoire et prescrit les activités autorisées selon les endroits. En zone côtière, ce n'est pas différent et le zonage est l'outil de planification et de gestion le plus important pour encadrer l'occupation des terres (Stewart *et al.*, 2003).

Au Québec, selon *la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* (LAU, loi provinciale), il faut que les MRC se conforment aux différents règlements existants en matière d'infrastructures, de risques technologiques et naturels... La LAU préconise un zonage selon les usages qui seront effectués sur les lots ainsi que selon les lieux. L'objectif de la loi découle du fait qu'une harmonie des usages est nécessaire dans un territoire afin de minimiser les problématiques. Le zonage des constructions peut se faire selon de multiples critères et les mesures de gestion s'appliquent à tous les territoires selon le principe de l'intérêt collectif de la société.

Découlant de ces principes, le zonage a également été appliqué aux risques en général. Les géorisques sont un des paramètres pouvant entraîner un zonage, mais il est important de noter que d'autres paramètres peuvent, eux aussi, en être la source. Le zonage des risques dépend de la vision que l'on a du phénomène naturel menaçant, à savoir si on ne fait que le subir ou s'il est possible de le modifier pour vivre avec (Pigeon, 2005). Dans le premier cas, le zonage est vu comme une solution avantageuse pour éviter les risques alors que dans le second cas, des ouvrages de protection, de modification de l'environnement prévalent.

1.1.3.2 Spécificités de l'aménagement en zone côtière

Les modèles possibles de gestion du littoral dépendent du modèle de gestion de l'aménagement en général choisi par la région/MRC. De plus, la gestion de la côte ne peut pas s'effectuer sans la prise en compte de l'arrière-pays dans sa gestion, afin d'évaluer l'espace disponible, pour l'extension urbaine par exemple. Les situations locales peuvent donc être très variées.

Étant donné les variations dans les définitions de l'objet d'étude (la zone côtière), la définition qui est donnée à la gestion de la zone côtière varie donc elle aussi. En ce qui a trait aux risques côtiers, le but du zonage est de les minimiser pour les populations. Pour cela deux possibilités :

- atténuer les aléas (enrochements, recharges en sable, digues, murets,...);
- minimiser les enjeux (zonage, constructions adaptées).

Une autre méthode de gestion de la zone côtière pourrait plutôt utiliser les assurances au lieu du zonage. Le fait de ne plus assurer ce qui est à risque trop élevé est régulièrement discuté dans les médias anglais (Klein *et al.*, 1999). Ainsi, les risques ne sont pas diminués, mais l'État se désengage de toute responsabilité concernant ces risques et ceci pourrait avoir un impact important sur le réajustement des valeurs du marché immobilier ainsi que limiter les nouvelles constructions qui ne pourraient plus être assurées.

Dans tous les cas, la gestion de la zone côtière est complexifiée par le fait qu'elle est soumise à des *législations multiples*. Étant une frontière, elle se retrouve de fait à la marge de plusieurs lois et de plusieurs juridictions (Holgate-Pollard, 1996). De plus, au Québec, sa gestion dépend de plusieurs paliers gouvernementaux, ce qui résulte en de multiples législations (figure 1.4) et en une gestion mosaïque (Morneau *et al.*, 2001). Cette gestion est complexe tant du fait des multiples lois existantes mais aussi du fait des connaissances souvent non exhaustives que les décideurs ont de la dynamique littorale.

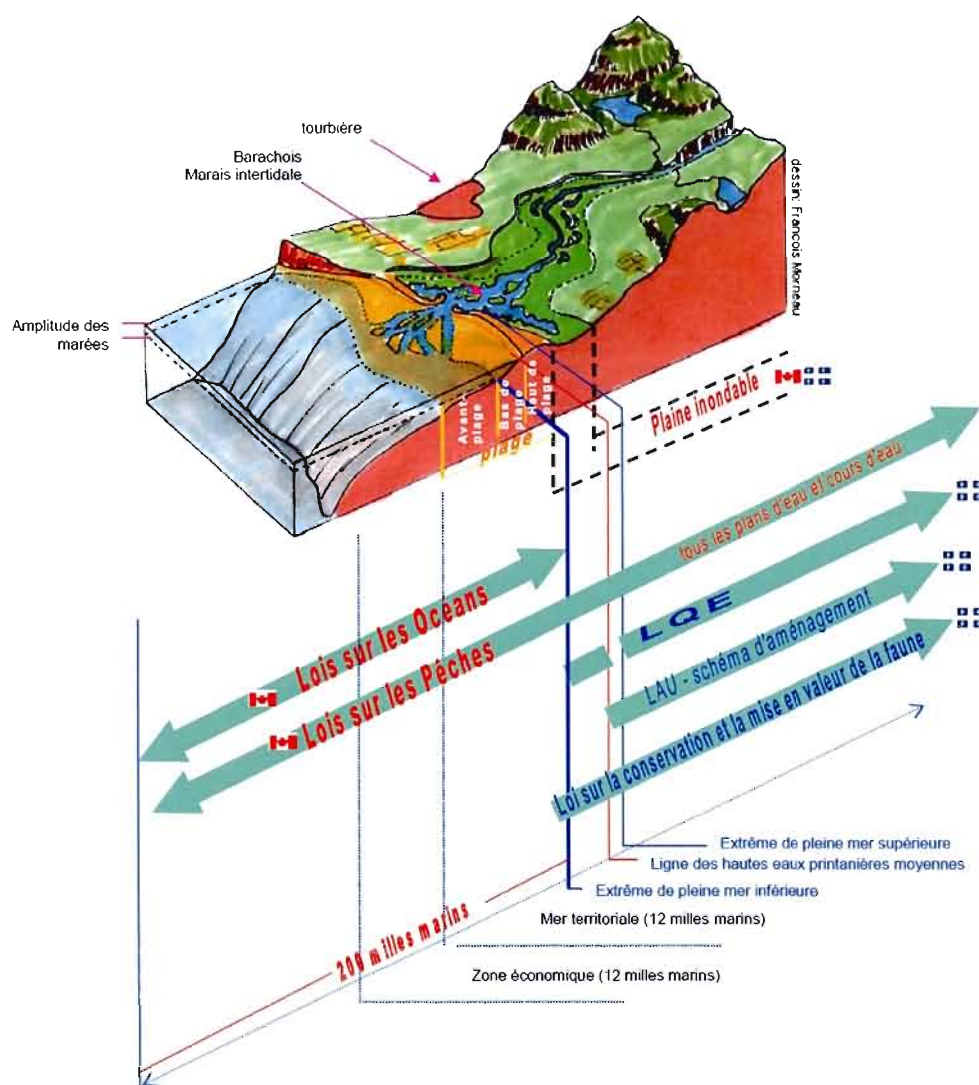


Figure 1.4 : Législations concernant les zones côtières

Source : Morneau *et al.*, 2001

1.1.3.3 Aménager un territoire à risque : s'adapter à la problématique

L'**adaptation** aux aléas (ou aux changements climatiques) est l'ensemble des activités qui, d'une part, limitent les impacts négatifs et d'autre part, favorisent l'accès aux nouvelles possibilités. Cela passe donc par un aménagement adéquat des territoires concernés. Différents types d'adaptation sont possibles (tableau 1.2). Concernant les aléas côtiers, deux méthodes de gestion sont possibles : soit par réaction ou anticipation (Klein *et al.*, 1999), soit réactive et préventive (Smit *et al.* 1999, Lemmen *et al.*, 2008). La gestion par réaction conduit le plus souvent à de la protection car elle survient après des évènements dommageables pour la population. La gestion par anticipation se traduit principalement par un zonage afin d'éviter les installations dans les zones soumises aux aléas. Le zonage se situe dans la catégorie de l'intention planifiée avec une action préventive. Il est important de considérer que « dans la plupart des situations, les mesures préventives planifiées ont des coûts moins élevés à long terme et sont plus efficaces que les mesures réactives » (Lemmen *et al.*, 2008).

Tableau 1.2 : Différents types d'adaptation

ADAPTATION			
Selon	Type d'adaptation		
L'intention	Spontanée		Planifiée
L'action (par rapport au stimulus climatique)	Réactive	Simultanée	Préventive
L'étendue temporelle	À court terme		À long terme
L'étendue spatiale	Localisée		Étendue

(Source : Lemmen *et al.*, 2008 (extrait modifié tiré de Smit *et al.*, 1999))

Presque toutes les actions d'anticipation vis-à-vis des géorisques côtiers requièrent une « planification stratégique » (Klein et Nicholls, 1999) ce qui n'est pas encore généralisée sur les côtes du Québec. La planification stratégique consiste, notamment, en l'identification d'un zonage des risques par des experts et à sa mise en application par les autorités compétentes.

Concernant la problématique des géorisques côtiers et en particulier de l'érosion, les choix qui s'offrent aux instances de gestion sont le retrait, l'adaptation ou la protection (figure 1.5) (Morneau *et al.*, 2001).

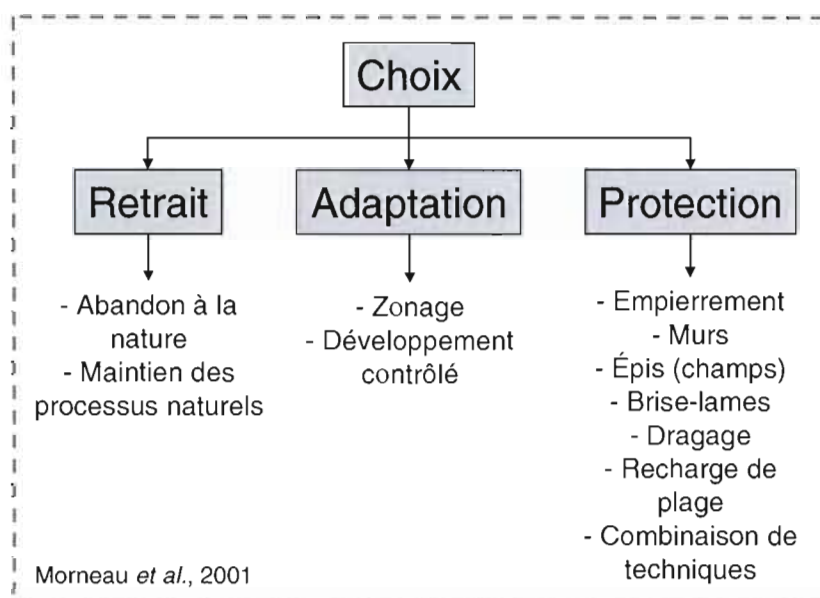


Figure 1.5 : Choix possibles face à la problématique de l'érosion

Cette recherche s'attachera à l'étude du choix préventif qu'est l'adaptation. « Cette stratégie [l'adaptation] préconise l'établissement d'un juste équilibre entre la conservation et le développement par l'adoption de certaines règles de zonage et d'un développement contrôlé. » (Morneau *et al.*, 2001).

1.2 Zonage des risques en milieu côtier

« *The ocean beachfront is a most hazardous place to build* »

(Clark, 1996; p176).

Lorsque l'on évoque le zonage des risques en milieu côtier, cela réfère à l'utilisation de méthodes et de stratégies de zonages destinées à aménager le littoral comme étant une entité soumise à des conditions d'établissement spécifiques. Le zonage répond ainsi au principe de précaution.

1.2.1 Principes et applications du zonage des risques

Le **principe du zonage** est d'éviter la superposition des zones anthropisées avec les zones d'aléas. Il s'agit alors de créer des bandes *non aedificandi*, soit des « zones non constructibles » (Paskoff, 2004 b). Ce principe important est d'éviter la construction dans les zones précédemment identifiées comme soumises aux aléas (Paskoff, 2001 a; McInnes, 2006). En définissant quelle sera la « ligne de retrait » de la côte, on pourra procéder à un retrait stratégique (Clark, 1996). Le zonage de l'occupation des terres est déjà utilisé dans beaucoup de pays (Clark, 1996) et il peut aussi être utilisé dans le cadre de plans de gestion intégrée des zones côtières (GIZC) afin d'y inclure des zonages spécifiques à la côte (écologie, risques...). Les décideurs peuvent par la suite prendre les mesures d'aménagements adéquates (tel qu'interdire les nouvelles constructions) en toute connaissance de cause et guider les nouveaux développements vers les espaces les plus propices (McInnes, 2006; Stewart *et al.*, 2003). Paskoff (2001 a) résumait ainsi le principe du zonage des risques en zone côtière :

Mieux vaut prévenir qu'essayer de porter remède. Il conviendrait donc de repenser l'usage de l'espace littoral de telle sorte que les installations humaines ne se retrouvent pas en situation critique vis-à-vis des menaces de la mer à court ou même à moyen terme. (Paskoff, 2001 a, p. 146 -147)

Le zonage se révèle être une *bonne solution d'aménagement* concernant les risques côtiers car les aléas causant ces risques sont bien localisés dans l'espace et sont prévisibles (Clark, 1996). Plusieurs acteurs ont donc déjà identifié le zonage (*zoning* ou *mapping* en anglais) comme une solution adéquate (Paskoff, 2001 a; Clark, 1996). Dans son guide à l'intention des municipalités canadiennes, le C-Ciarn (2006) évoque également cette solution : « Selon notre connaissance du risque actuel, il importe de limiter le développement dans les zones problématiques et d'interdire toute nouvelle construction. » (C-Ciarn, 2006). Les avantages du zonage par rapport aux autres solutions tiennent en son approche anticipative bien qu'elle soit complémentaire avec d'autres solutions. Plusieurs gouvernements ont ainsi adopté cette approche pour la gestion des zones côtières de leur territoire, notamment en Nouvelle-Zélande (Ballinger *et al.* 2000), en Écosse (Ballinger *et al.* 2000), en France (Loi dite Loi littorale, 1986) ou en Caroline du Nord (Division de l'aménagement côtier de la Caroline du Nord, 2009). Ces limites d'inconstructibilité peuvent être fixes ou variables et émaner de différentes raisons (écologie, risque...). L'optique retenue est « d'initier un programme décennal de prévention des risques naturels dont l'un des points essentiels est de limiter strictement le développement dans les zones exposées. » (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement de France, 1997 a et b). La Loi sur la sécurité civile du Québec adopte une optique similaire à celles évoquées par Ballinger *et al.* (2000) qui consiste à délimiter les zones soumises aux aléas afin d'y limiter les constructions. Le problème qui persiste est d'identifier avec précision quelles sont ces zones soumises à des aléas d'érosion ou de submersion par la mer comme le préconisent la loi de sécurité civile du Québec ou les lois de la Nouvelle-Zélande ou d'Écosse.

Les *plans devraient être dynamiques* et donc subir des révisions tous les 5 ans pour tenir compte à la fois des changements de politiques ainsi que des avancées dans la compréhension de l'environnement physique (Klein *et al.*, 1999; Dubois *et al.*, 2005).

Une *analyse multirisque* peut être envisagée sur les côtes car plusieurs aléas peuvent y survenir. Un indice de sensibilité composite peut alors être établi en assignant une cote aux différents paramètres naturels et artificiels en fonction de la magnitude et de la fréquence de chacun pour les différents aléas (De Pippo *et al.*, 2008). Cet indice est encore préliminaire et

ne peut pas encore être utilisé pour la gestion des côtes mais l'idée d'utiliser une multitude de critère et de « géoindicateurs » afin de cerner au mieux les aléas et les risques potentiels d'un segment de côte est en développement durant ces dernières années. Pour garantir l'efficacité de la méthode, il est primordial de savoir quels risques zoner et à partir de quelle intensité ou fréquence ils doivent être intégrés au zonage. Plus le nombre de paramètres pris en compte est grand plus il est possible de penser que le zonage sera complet et donc efficace/efficient mais également complexe, long et coûteux à mettre en place.

1.2.2 Zonage théorique : marges fixes ou variables

Plusieurs méthodes permettent de développer des zonages des risques côtiers et peuvent être utilisées pour déterminer la largeur que devront avoir les marges de protection littorales. Il y a, d'un côté, les zonages comprenant des marges fixes (Clark, 1996) et de l'autre les zonages variables, basés sur les taux d'érosion mesurés (Paskoff, 2004 b; Dean et Dalrymple, 2004; Sabatier *et al.*, 2008).

1.2.2.1 Zonages à marges fixes

Des limites d'inconstructibilité sont appliquées dans plusieurs pays sur leurs zones côtières (figure 1.6). Les marges qui en résultent varient énormément entre 8 m pour l'Équateur et 3 km en ex-URSS sans qu'il soit toujours possible de connaître les raisons de ces différences (Sorensen et McCreary, 1990). Si l'on s'attarde à l'exemple de la France, la marge retenue est de 100 mètres pour les infrastructures et de 2 000 mètres pour les routes qui ne sont pas de desserte locale (Loi dite Loi littorale, 1986). Cette optique n'est cependant pas adaptable à la situation du Québec compte tenu de l'historique de peuplement côtier et du faible hinterland/arrière-pays existant le plus souvent.

COUNTRIES	DISTANCE INLAND FROM SHORELINE*
Ecuador	- 8 m.
Hawaii	-- 40 ft.
Philippines (mangrove greenbelt)	----- 20 m.
Mexico	----- 20 m.
Brazil	----- 33 m.
New Zealand	----- 66 ft.
Oregon	----- Permanent vegetation line (variable)
Colombia	----- 50 m.
Costa Rica (public zone)	----- 50 m.
Indonesia**	----- 50 m.
Venezuela	----- 50 m.
Chile	----- 80 m.
France	----- 100 m.
Norway (no building)	----- 100 m.
Sweden (no building)	----- 100 m. (In some places to 300 m.)
Spain	----- 100 to 200 m.
Costa Rica (restricted zone)	----- 50 m. to ----- 200 m.
Uruguay	----- 250 m.
Indonesia** (mangrove greenbelt)	----- 400 m.
Greece	----- 500 m.
Denmark (no summer homes)	----- 1-3 km.
USSR - Coast of the Black Sea (exclusion of new factories)	----- 3 km.

* Definition of shoreline varies, but it is usually the mean high tide. Most nations and states exempt coastal dependent installations such as harbor developments and marinas.

**Indonesia has both a 50 m setback for forest cutting and a 400 m "greenbelt" for fishery support purposes

Sorensen et McCreary, 1990

Figure 1.6 : Marges de retrait pour les constructions (zones d'exclusion) utilisées par différents pays

1.2.2.2 Zonages à marges variables

Les zonages de l'érosion à marges variables partent d'un principe simple qui est de connaître les risques passés pour prévoir ceux de demain. C'est ainsi qu'ils se basent sur les taux de recul historiques de chaque secteur. Ils utilisent ces taux d'érosion annuels passés et les multiplient par le nombre d'années de l'horizon de zonage désiré. Cette méthode de zonage est proposée par plusieurs chercheurs (Pugh, 2004; Paskoff, 2004 b; Dean et Dalrymple, 2004; Sabatier *et al.*, 2008) (figure 1.7-A et B). Elle est également utilisée par certains gouvernements tels qu'en Caroline du Nord (Division de l'aménagement côtier de la Caroline du Nord, 2009). C'est d'ailleurs cette approche qui a été utilisée sur la Côte-Nord du Saint-Laurent dans le cadre de l'entente spécifique sur l'érosion des berges (Dubois *et al.*, 2005). L'intention est de créer une zone tampon entre l'océan et l'arrière-côte, encore appelée « *setback* » ou « *exclusion zone* » en anglais (Clark, 1996).

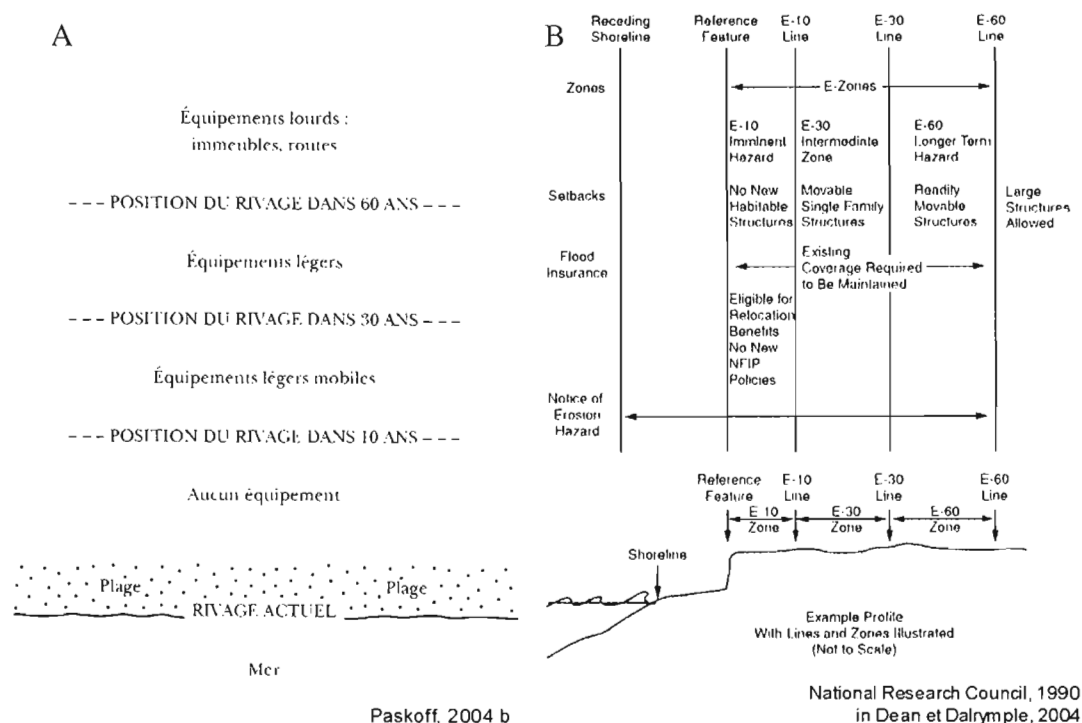


Figure 1.7 : Propositions de zonages côtiers variables.

En A, en France et en B, aux États-Unis

E-10 signifie ligne d'érosion dans 10 ans, E-30 dans 30 ans et E-60 dans 60 ans.

Ces zones sont basées sur la « Long-Term Shoreline Change Rates » (LTSCR) : le taux de changement à long terme de la ligne de rivage (Dean et Dalrymple, 2004; Division de l'aménagement côtier de la Caroline du Nord, 2009). De ces taux peuvent découler deux propositions de gestion, soit un retrait (*setback*), soit des normes de construction spécifiques (*construction standard*).

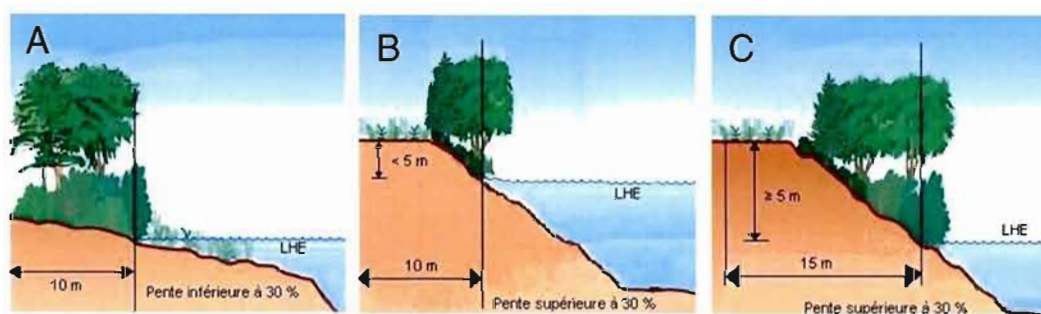
Cette méthode dispose de plusieurs *avantages*. Tout d'abord, elle est souvent préconisée et mise de l'avant comme étant très utile car elle correspond à la variabilité naturelle des côtes (Clark, 1996). Cela crée un zonage modulable qui s'adapte à la situation locale, selon les secteurs de côte. Les marges ainsi établies peuvent être réajustées au fur et à mesure que le temps avance et elles tiennent compte des paramètres naturels des côtes qui n'évoluent pas tous avec la même vitesse (Paskoff, 2004 b; Clark, 1996). Plusieurs *inconvenients* peuvent malgré tout lui être imputés car il n'y a, notamment, pas de prise en compte d'une éventuelle modification de ces taux historiques que ce soit à la hausse (à cause d'un changement de tendance ou des changements climatiques par exemple) ou à la baisse (construction d'une structure de protection rigide figeant le trait de côte, épis bloquant le transit sédimentaire...).

Pour connaître les taux d'érosion avec une grande précision, le lidar et autres techniques modernes sont très efficaces (Miller *et al.*, 2008). Cependant, cela ne permet pas de remonter en arrière et de caractériser l'évolution historique, et les techniques sont encore coûteuses et complexes. Le recours à ces méthodes est donc encore peu fréquent pour la gestion et de l'aménagement des côtes en lien avec l'érosion. Permettant une précision altimétrique importante ces techniques sont cependant déjà utilisées pour répondre au risque de submersion en permettant une cartographie de précision.

1.2.3 Réglementations de zonages existantes dans la région

L'adaptation par le biais du zonage et du développement contrôlé est peu répandue au Québec et l'application de cette approche entraînerait une refonte importante des schémas d'aménagement, des plans d'urbanisme ainsi que de la réglementation qui s'y rattache (Morneau *et al.*, 2001). Cependant, différents zonages côtiers existent dans la région d'étude ou dans les régions adjacentes. Ils peuvent être déjà en place ou encore à l'état de proposition. Ils présentent des caractéristiques différentes ainsi que des objectifs divers, mais sont autant de possibilités qui s'offrent pour le zonage des risques côtiers dans le secteur à l'étude :

- La **Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables** a été votée en 1987 puis modifiée en 1991, 1996, 1997, 2005 et 2008. Celle-ci préconise une marge de 10 ou 15 m à partir de la ligne des hautes eaux qui, sur le littoral, correspond à la limite de la végétation (figure 1.8). Au sein de cette zone, la majorité des constructions sont interdites (Gouvernement du Québec, 1987; MDDEP, 2007). Cette politique est en application dans le cadre de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE, Gouvernement du Québec, 1972). À défaut d'autres documents, souvent inexistant, ce type de zonage est utilisé dans plusieurs MRC pour zoner le risque d'érosion (Belzile, 2008; Caron, comm. pers.; Dubois *et al.*, 2005).



Source : MDDEP, 2009

Figure 1.8 : Largeurs de protection prescrites par la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.

- Une adaptation du zonage établi à la suite de *l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord* pourrait également être appliquée. Le zonage des risques établi pour la Côte-Nord dans le cadre d'un projet pilote (Dubois *et al.*, 2005) tient compte de la dynamique littorale en fonction des types de côte et de leurs taux de recul mesurés historiquement et actuellement. Ce zonage semble être efficace et durable. Malheureusement, il ne tient pas compte d'une accélération probable des taux de reculs dans un contexte de changements climatiques (GIEC, 2007 a). De plus, il a été établi pour les types de côte principaux présents sur la Côte-Nord. Les côtes à falaises rocheuses sédimentaires qui constituent, en proportion, l'un des types de côte majeurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Bernatchez et Quintin, 2005) n'étant pas suffisamment représentées sur la Côte-Nord, aucun calcul de marge n'est proposé (même si les auteurs préconisent une analyse plus détaillée de ces secteurs) (Dubois *et al.*, 2005).
- Le zonage envisagé au *Nouveau-Brunswick* établit une marge de 30 m de largeur à partir du trait de côte. Ce zonage n'a pour le moment pas encore été transféré dans les textes législatifs bien qu'il ait été présenté dans la *Politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick* en date de 2002. Une marge fixe de 30 mètres y est préconisée, dans laquelle les activités et constructions sont réglementées (ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick, 2002).
- Le zonage des risques naturels d'érosion établi par la *MRC* du Rocher-Percé dans son schéma d'aménagement de 1989 (en 2009, il était toujours en vigueur dans l'attente de l'approbation d'un nouveau schéma d'aménagement) comprend l'application *stricto-sensu* de la Politique de protection des rives ainsi que des zones reconnues comme étant à risque (MRC Rocher-Percé, 1989). Ce zonage est transféré tel quel dans le plan d'urbanisme de la municipalité car même si, en théorie, cette dernière peut l'augmenter, elle n'en a pas eu les moyens techniques.
- La proposition de zonage des risques naturels de la *MRC* du Rocher-Percé prévoit un doublement de la largeur de la bande de protection prévue par la politique de protection des rives ainsi que l'ajout de nouvelles zones de contraintes d'érosion (Caron, comm. pers.; MRC Rocher-Percé, 2005). Ce schéma d'aménagement est en cours d'adoption par la MRC. Le doublement des marges prévues par la loi est né du constat simple que

celles-ci n'étaient pas suffisantes pour protéger les nouvelles constructions de l'érosion. L'aménagiste a donc décidé, suite aux résultats préliminaires des travaux de recherche (Bernatchez *et al.*, 2008 a) pour le secteur de Percé, de doubler ces marges (Caron, comm. pers.).

- Un zonage utilisant les *taux de recul historiques* de la côte pourrait également être appliqué (Pugh, 2004; Paskoff, 2001 a), avec un horizon de gestion de 30 ou 50 ans. Pour les secteurs où de l'accumulation est prévue, aucune marge de sécurité ne serait retenue.
- La *Loi sur la sécurité civile* de 2001 oblige les MRC à cartographier les zones à risque sur leur territoire même si celle-ci ne propose pas de méthodologie ni de moyens pour le faire. Les organismes locaux doivent donc trouver eux-mêmes les critères. Cela permet une adaptation aux problématiques locales mais il est possible de se demander si les MRC ont les ressources et l'expertise nécessaire pour mener cette opération à bien (Hétu, 2001). Dans le cas des petites MRC avec peu de moyens, cela retarde le processus. La MRC du Rocher-Percé n'a d'ailleurs pas commencé, en 2008, à faire son schéma de sécurité civile.
- Des scénarios d'évolution de la position du trait de côte ont été établis par des chercheurs dans un contexte de prévision de changements climatiques dans le cadre d'une entente entre le Fonds d'action sur les changements climatiques (FACC), le consortium Ouranos et l'UQAR-ISMER (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Ces scénarios sont établis suite au couplage des données d'érosion passée, d'anciennes conditions climatiques et de prévisions d'érosion et environnementales. La projection des données climatiques futures a permis de déterminer le taux d'érosion le plus probable (SP) sous ces nouvelles conditions.

Les différentes options de zonages des risques côtiers dans le secteur d'étude et des secteurs adjacents sont résumées dans le tableau 1.3.

Tableau 1.3 : Résumés des types de zonage des risques côtiers possibles

Zonage	Marge appliquée	Principe sous-jacent
Loi sur la qualité de l'environnement (politique de protection des rives)	10 ou 15 mètres	Écotone à protéger Inondations (fluvial)
Proposition de la MRC du Rocher Percé	20 ou 30 m	La LQE n'est pas suffisante, donc on double ces valeurs
Politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick	30 mètres	Protection de la zone tampon du littoral
Entente spécifique sur l'érosion des berges (Côte-Nord)	Taux de recul max \times 30 ans	Augmentation importante de l'érosion future
Loi sécurité civile	Variable	Meilleure estimation des risques (selon des études complémentaires à réaliser)
Selon les taux historiques d'érosion	Taux de recul historique \times horizon d'aménagement	Rien ne change, le futur sera le reflet du passé
Selon l'érosion prévue dans un contexte de changements climatiques (Bernatchez <i>et al.</i> , 2008 a)	Variable	Augmentation variable des taux d'érosion en raison des changements climatiques

1.3 Aménagement côtier et changements climatiques

Étant donné qu'aucune côte n'est à l'abri de l'influence du climat et de ses variations naturelles et ni de celles induites par les activités humaines, tout changement tel que ceux prévus sous l'influence des changements climatiques va avoir un impact sur son évolution. L'aménagement des littoraux doit donc en tenir compte. Nous analyserons ici d'abord les modifications dues au climat avant de nous attarder à la prise en compte de ces modifications dans les zonages.

1.3.1 Modifications de l'environnement côtier dues au climat

Les impacts engendrés par les modifications du climat sur les zones côtières sont multiples et résultent à la fois des modifications de l'hydrosphère et de l'atmosphère, ils se surimposent aux variations naturelles du climat. Ces changements ont été mesurés à l'échelle mondiale (GIEC, 2001, 2007 a et b), nationale (Ressources naturelles Canada, 2004; Shaw *et al.*, 1998), régionale (Ressources naturelles Canada, 2004; Lemmen *et al.*, 2008; Ouranos, 2009) mais aussi locale (Bernatchez *et al.*, 2008 a; Senneville et Saucier, 2008). Connaître ces modifications de l'environnement est important puisque plusieurs scientifiques s'entendent sur le fait que l'érosion devrait prendre de l'ampleur dans le contexte des changements climatiques, notamment en raison de la hausse mondiale du niveau marin relatif et de l'augmentation de l'intensité des tempêtes (Shaw *et al.*, 1998; GIEC, 2001 et 2007; Mörner, 2004).

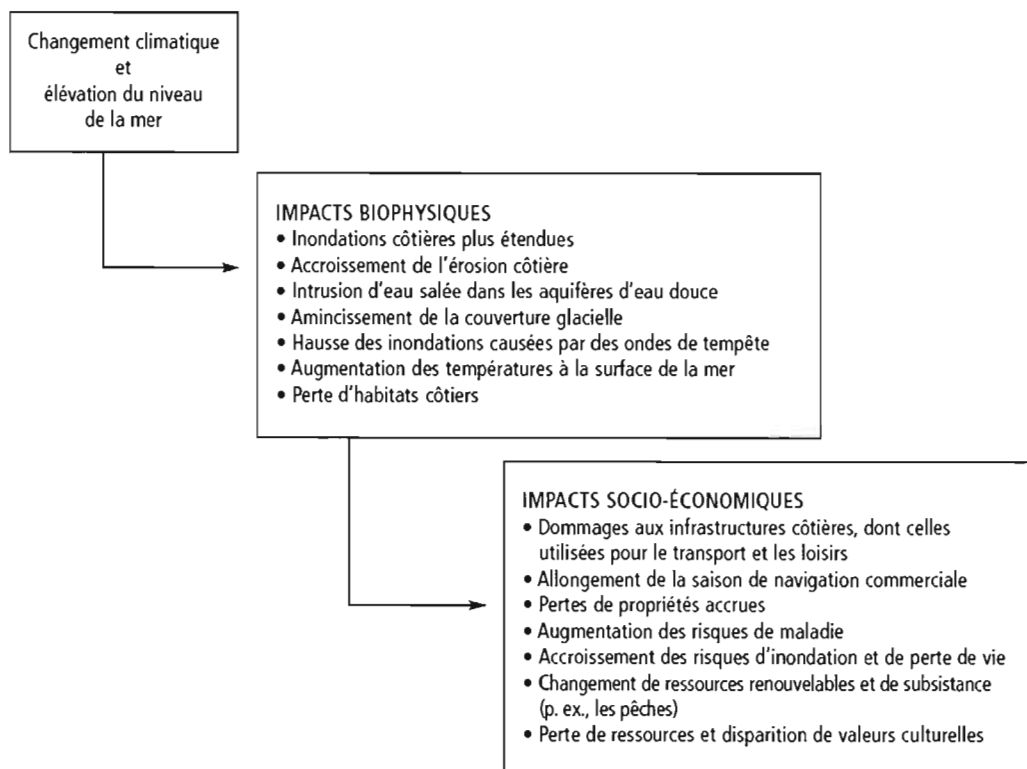
De multiples éléments sont modifiés par les changements climatiques ce qui, comme nous allons le voir, va avoir un impact sur les côtes et leur dynamique d'évolution (figure 1.9).

Hausse de la température moyenne			
Élévation du niveau de la mer			
Variation des températures extrêmes (hausse en été, diminution en hiver)			
Variation des précipitations moyennes			
Augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes			
Augmentation de l'intensité des précipitations			
	Faible	Moyen	Élevé
	Niveau de confiance ^a		

Source : Ressources naturelles Canada, 2004

Figure 1.9 : Évolution prévue des variables climatiques au Canada.

Dans les zones côtières, des changements sont également à prévoir avec des impacts tant sur les milieux biologique et physique que pour les sociétés (figure 1.10).



Source : Ressources naturelles Canada, 2004

Figure 1.10 : Impacts biophysiques et socio-économiques éventuels des changements climatiques dans les zones côtières.

▪ *Hausse du niveau marin relatif*

À l'échelle mondiale, le niveau marin relatif a augmenté depuis le début du 20^{ème} siècle (GIEC, 2007 b; Paskoff, 2003, 2001 b) et il est prévu qu'il continue à augmenter dans les prochaines décennies (figure 1.11).

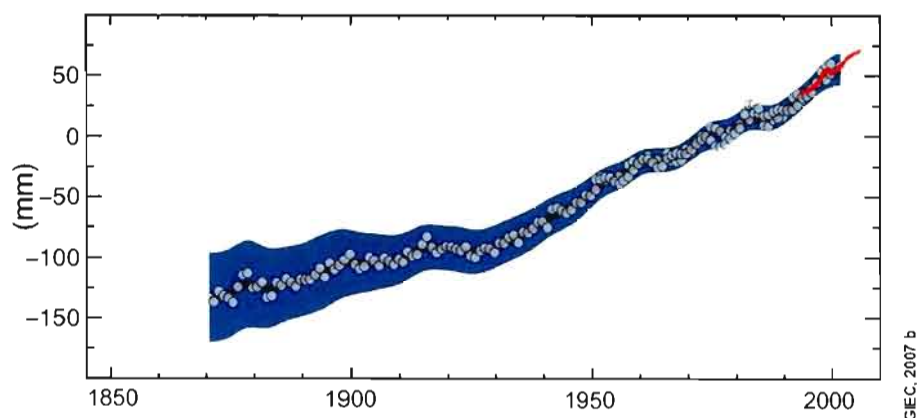


Figure 1.11 : Variation du niveau marin relatif à l'échelle mondiale vis-à-vis du niveau moyen de 1961-1990

L'impact de cette hausse du niveau marin relatif sur l'érosion vient du fait que cela permet aux vagues d'atteindre un niveau supérieur avec plus de force ce qui va accentuer les différents phénomènes érosifs côtiers, ceci même si la hausse n'est que de quelques dizaines de centimètres (Paskoff, 2003, 2004 a). La hausse relative prévue du niveau de la mer pour le prochain siècle, dans un contexte de réchauffement climatique, est d'environ 50 à 60 cm pour l'est du Canada (Parkes *et al.*, 2006).

- *Hausse des températures moyennes*

Au niveau mondial les températures moyennes sont en hausse (figure 1.12) d'après le GIEC (2001, 2007 b).

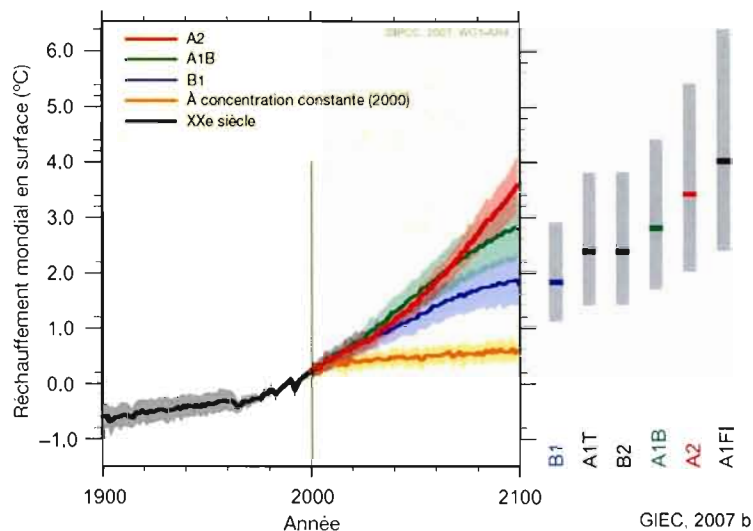


Figure 1.12 : Évolution et projection des températures planétaires

Bourque et Simonet (2008) constatent une hausse statistiquement significative des températures annuelles au Québec. Des modèles régionaux du climat d'Ouranos prévoient l'augmentation des températures moyennes à la fois pour 2020, 2050 et 2080 (Bourque et Simonet, 2008). Ces prévisions se démarquent de la variabilité naturelle du climat passé (Bourque et Simonet, 2008).

- *Augmentation des redoux hivernaux*

Les redoux hivernaux sont en hausse depuis le début du 20^{ème} siècle. Cette tendance à la hausse devrait se poursuivre à l'avenir (Jolivet et Bernatchez, 2008). Cette hausse augmente le nombre de cycles de gel-dégel et augmente donc les processus cryogéniques et fragilise ainsi les matériaux qui constituent les falaises côtières (Bernatchez *et al.*, 2008 a; Bernatchez et Dubois, 2008).

- *Diminution de la couverture de glace*

La couverture de glace de mer est en baisse dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent depuis les années 90 (figure 1.13). Depuis 1996, il y a moins de glaces tant sur les rives qu'au large (Service Canadien des glaces, 2009).

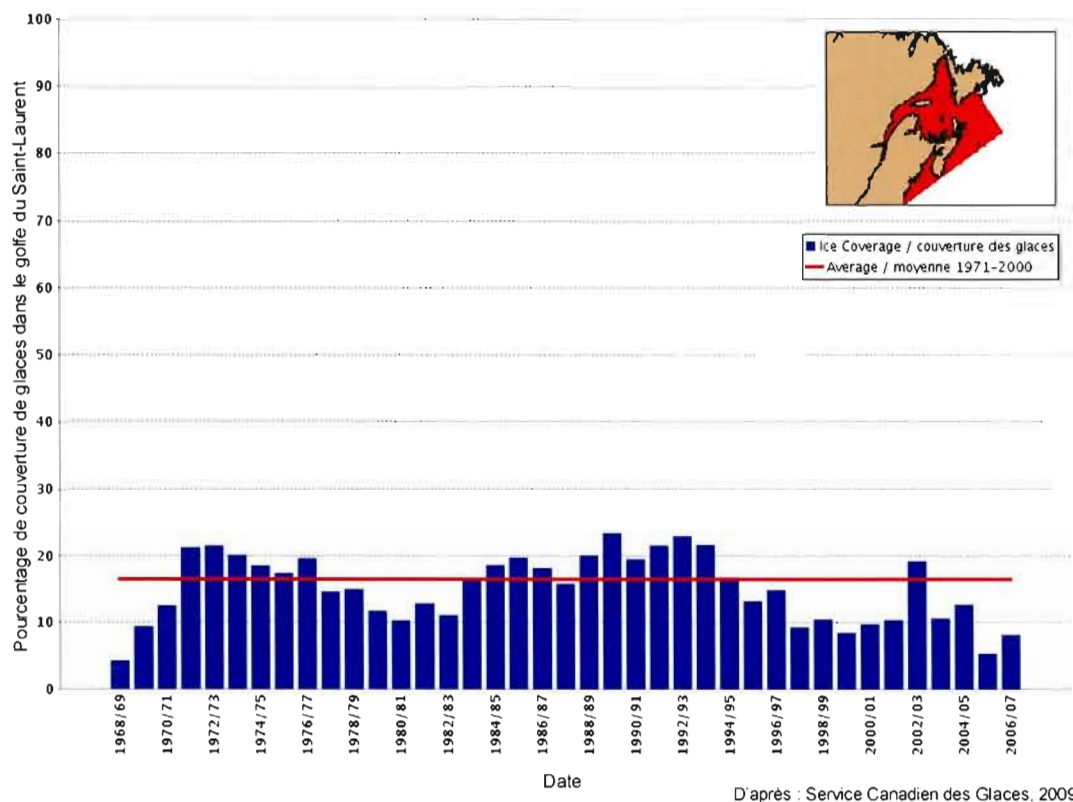


Figure 1.13 : Évolution de la couverture de glace dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent

Les prévisions et les modélisations pour l'estuaire et le golfe (Senneville et Saucier, 2008) prévoient que la tendance à la baisse du nombre de jours de glace se maintienne à la suite du réchauffement du climat (tableau 1.4). Une disparition de la glace de mer est même envisagée avant la fin du 21^{ème} siècle (Bourque et Simonet 2008).

Tableau 1.4 : Résultats des simulations de l'impact des variations de température sur les conditions de glace pour la période 1996-2003 et des projections futures

Station de mesure	Période témoin	Période chaude	Différence	
	1996-2003 jours >30% de glace	+2°C jours >30% de glace	(nb de jours)	% de réduction
Percé	62,2	26,1	36,1	58
Plage de la Martinique	71	26,3	44,7	63
Pointe-aux-Loups	57,3	15,9	41,4	72
Pointe-aux-Loups (OS)	33,9	11,9	22	65

(modifié de Senneville et Saucier, 2008)

Cette diminution de la couverture de glace rend la côte vulnérable à l'action des vagues sur une période de temps plus longue (Bernatchez *et al.*, 2008 a). La mobilité des glaces en hiver et le départ du pied de glace assurent également un transit sédimentaire sur le bas de plage même en hiver ce qui n'était pas le cas par le passé (Bernatchez et Dubois, 2004).

- *Modification des précipitations*

Une tendance à la hausse des **pluies hivernales** a été constatée pour l'Est du Québec maritime (Jolivet et Bernatchez, 2008). Ces pluies peuvent causer de l'érosion importante par ruissellement et faire fondre la protection que constitue le manteau neigeux (Jolivet et Bernatchez, 2008). Les **pluies diluviennes** sont, elles aussi, en hausse pour la région de la Gaspésie (Jolivet et Bernatchez, 2008).

- *Tempêtes*

Il n'est pas aisé de d'identifier une tendance à la hausse ou à la baisse pour le nombre annuel de tempêtes dans l'Est du Québec. Il faut cependant noter qu'une partie importante des tempêtes se produit durant l'hiver, période durant laquelle la glace de mer et le pied de glace limitaient la création des vagues ainsi que leur propagation jusqu'à la côte. Dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent, un changement dans le régime glaciaire va donc augmenter le nombre de tempêtes effectives, c'est-à-dire qui ont une action sur les côtes (Savard *et al.*, 2008; Savard *et al.*, 2009).

Les changements climatiques vont ainsi augmenter les aléas. Les aléas affectant la côte vont donc être modifiés et, de manière intrinsèque, les risques également. L'environnement actuel et surtout futur n'est donc plus le reflet de ce qu'il était au début du siècle passé et l'érosion, fortement dépendante de son environnement, est donc modifiée. Il n'est alors plus possible de se fier seulement à l'expérience passée des communautés côtières pour gérer l'érosion.

1.3.2 Prise en compte de ces modifications dans le zonage

« L'humanité dispose de plusieurs options, mais le passé n'en est pas une. »

(Sauchyn et Kulshreshtha, 2008)

Lors de l'établissement d'une zone à risque, il est important de prendre en compte à la fois la variabilité naturelle du climat (aléas) mais aussi les modifications dues aux changements climatiques (modification des aléas). Il est également important de retenir que la modification des activités humaines peut également faire augmenter les risques (figure 1.14).

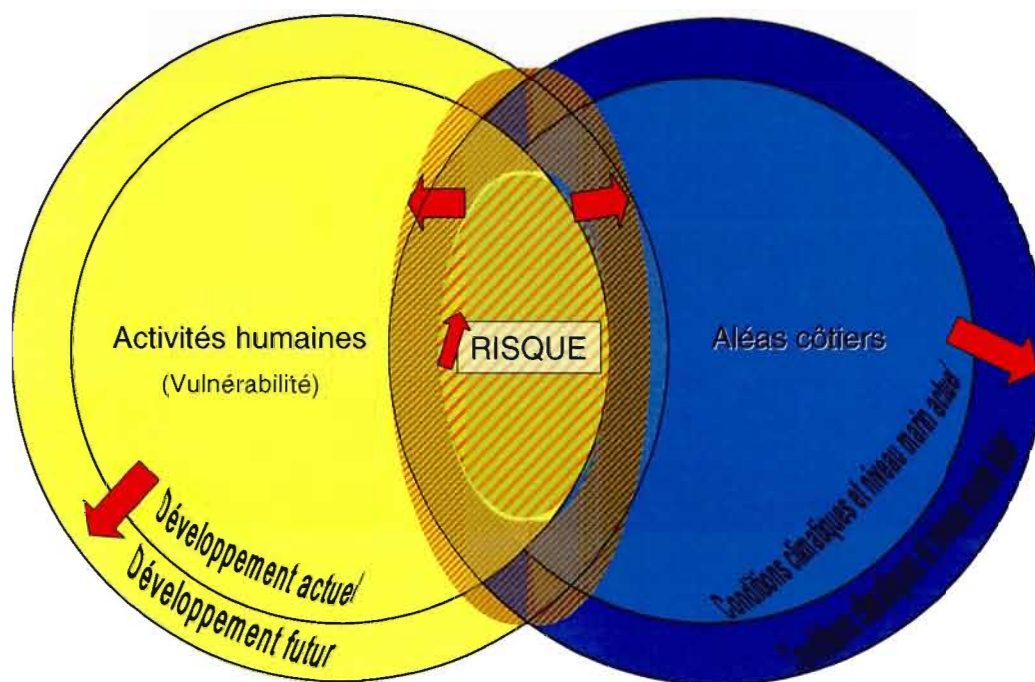


Figure 1.14 : Possibilité d'augmentation du risque : modification des aléas combinée à une modification des activités humaines

Il est bon de s'intéresser aux risques futurs qui ont toutes les probabilités de survenir dans le contexte de changements climatiques. Ceux-ci résultent à la fois de la hausse des vulnérabilités (nouvelles constructions, changement de vocation des bâtiments...) et de la hausse du niveau des aléas. L'impact des aléas naturels devrait augmenter non seulement à cause des changements climatiques mais aussi de la pression continue du développement

dans des zones marginales et vulnérables (McInnes, 2006). Les deux paramètres conduisent à augmenter de manière corollaire les risques côtiers. Afin de limiter les risques, il est possible de jouer sur les deux tableaux, c'est-à-dire soit de limiter les aléas (physiques) soit de limiter la vulnérabilité (humaine) (Boriff *et al.*, 2005).

1.3.2.1 Quand procéder à cette prise en compte ?

L'atténuation des aléas passe par des solutions d'ingénierie qui proposent généralement des ouvrages de protection. Maintenir les ouvrages de protection actuels dans un futur contexte de changements climatiques va engendrer des dépenses 1,5 à 4 fois plus importantes selon les différents scénarios d'évolution (Burgess et Townend, 2004 in Thorne *et al.*, 2007). Par exemple, si l'on décidait de conserver les coûts d'infrastructures à un niveau équivalent à celui d'aujourd'hui ce seraient près du tiers des défenses côtières de Grande-Bretagne qui ne pourraient pas être maintenues (Thorne *et al.*, 2007). Le maintien du trait de côte, en limitant les aléas, ne semble ainsi pas être une option économiquement viable. L'alternative serait donc de limiter les nouvelles vulnérabilités. Cette limitation de la vulnérabilité est liée à un **zonage des risques pour l'avenir**. Cependant, il est important que les critères utilisés pour le zonage des risques tiennent compte à la fois des aléas futurs ainsi que des enjeux futurs.

Certains se demandent s'il ne faudrait pas attendre une certitude concernant d'éventuels changements climatiques avant de les prendre en compte dans la gestion des littoraux. Même si la grande majorité des scientifiques qui se rangent actuellement derrière le GIEC s'accordent sur le fait que ces changements sont plus qu'une simple variation naturelle du climat, un doute peut subsister. Cependant, Stern (2007) calcule que cela reviendrait trop cher d'attendre ce moment avant d'adapter nos façons de faire. Attendre que les effets des changements climatiques deviennent majeurs va augmenter de manière très importante les coûts associés à la gestion des risques et à l'aménagement (Zeidler, 1997). Il est donc possible de supposer la même majoration des coûts pour le Québec, ce qui rend l'action d'autant plus pressante. Le Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement

de France (1997 a) met également de l'avant cet intérêt à agir tout de suite, même si certains doutes subsistent, en évoquant le principe de précaution qui doit régir les politiques publiques. Il est important de se souvenir que, dans ce domaine, l'inaction est en fait une action, une décision de ne rien faire. En effet, attendre de constater une évolution va laisser le temps à des développements de voir le jour et va orienter les futures décisions. Ne pas prendre de décision aujourd'hui doit donc être décidé et considéré comme un choix parmi d'autres et non comme un simple report de choix. Finalement, il faut considérer que, comme nous sommes déjà mal adaptés aux conditions climatiques et environnementales actuelles (Forbes, 2008), prendre des mesures d'adaptation immédiatement est nécessaire que l'on y intègre les changements climatiques ou non.

Dans ce contexte, il est intéressant de voir quels sont les aspects des changements climatiques qui sont actuellement pris en compte par les gestionnaires des zones côtières.

1.3.2.2 Prise en compte de la hausse du niveau moyen des mers

L'impact des changements climatiques sur les côtes est souvent évalué par la **hausse du niveau moyen relatif des mers** tant par le public (Radio-Canada, 2009) que par les experts (Paskoff, 2004 a et b, 2001 a et b; Pethick, 2001; Gornitz *et al.*, 1997; Klein *et al.*, 1999). Cette hausse a donc mieux été documentée et connue. Ceci pourrait être dû au fait que, pour certains chercheurs, la hausse du NMR est considérée comme le paramètre avec le plus de significativité concernant l'érosion (Thorne *et al.*, 2007).

« When sea level is rising, letting nature take its course is undoubtedly the best solution wherever such an option is acceptable »

(Paskoff, 2004 a)

La principale inclusion de la hausse du niveau marin relatif en lien avec l'érosion des berges découle de la **règle de Bruun** (*Bruun rule*). Selon celle-ci, le recul des plages peut être prévu en fonction de la hausse du NMR le long des plages de sable. Des calculs de la hausse des taux d'érosion en fonction des scénarios climatiques et donc de la hausse du NMR ont été

effectués par Thorne *et al.* (2007) et Petick (2001) en utilisant une équation directement issue de la règle de Bruun. En Grande-Bretagne, ce calcul a été fait sur les taux d'érosion moyens par secteur, mais l'auteur précise que ce sont des taux prévus *potentiels* et que les conditions locales, les taux d'érosion actuels ainsi que le profil côtier peuvent avoir un impact important sur le futur taux *réel* (Thorne *et al.*, 2007). Cependant, l'utilisation de cette règle a été remise en cause comme outil de prédiction de l'érosion, car trop peu de paramètres sont pris en compte (Komar, 1998). Des problèmes concernant cette *règle de Bruun* ont également été soulevés par Davidson-Arnott (2005). Une application de prédiction des taux de recul, et donc une utilisation de ce principe pour les zonages des risques d'érosion, n'est ainsi possible que dans de très rares cas, ce qui voit son utilisation très limitée.

L'autre inclusion de la hausse du niveau marin relatif dans la gestion des côtes utilise le modèle dit des « **3 options** » qui est aussi mis en avant pour gérer l'érosion actuelle des côtes (figure 1.6 de Morneau *et al.*, 2001). Les « 3 options » que sont l'adaptation, l'accommodement ou le retrait sont proposées par plusieurs auteurs tels que Pugh (2004), Ressources naturelles Canada (2004), Paskoff (2001 a, 2004 b) ou le GIEC (2001, 2007 b) (figures 1.15 et tableau 1.5). Dans un contexte de hausse du NMR, la règle d'or du zonage des risques est d'éloigner suffisamment les aménagements du rivage pour qu'ils restent à l'écart des menaces qu'implique la hausse du niveau marin relatif durant toute leur durée de vie (Paskoff, 2001 b).

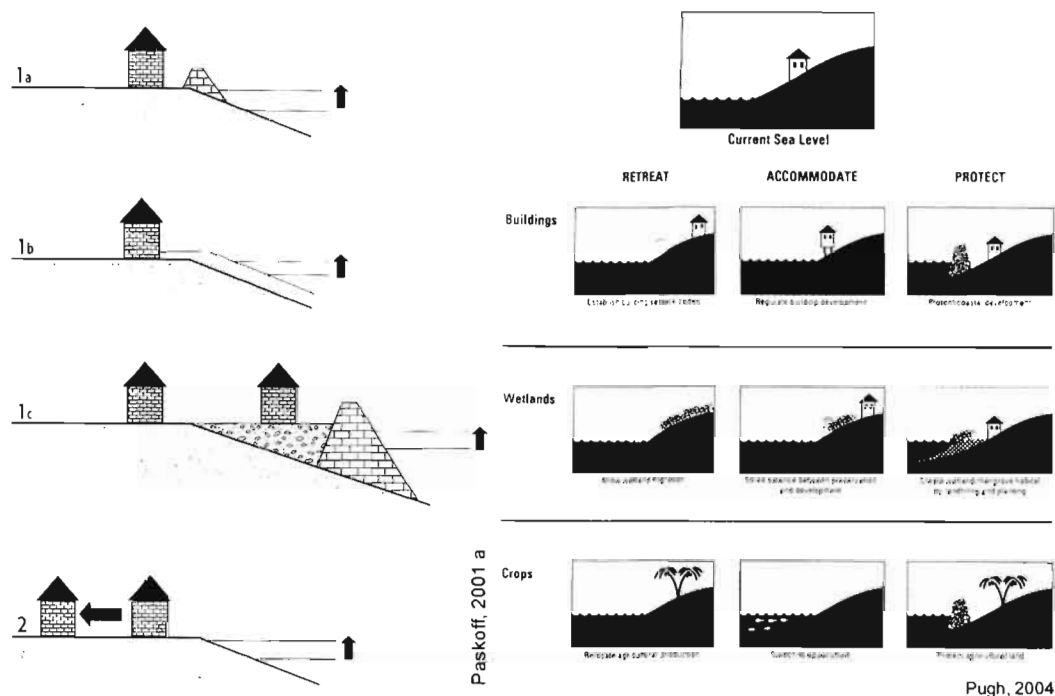


Figure 1.15 : Différentes stratégies de la société face à la hausse du niveau marin relatif

(à gauche) 1a : résistance dure (digues, enrochement, mur...); 1b : résistance douce (apport artificiel de sédiments) 1c : contre-attaque (remblaiement); 2 : recul (déplacement des constructions).

(à droite) Les stratégies peuvent être regroupées en 3 catégories : retrait, accommodement ou protection. Les trois options ne sont pas toujours possibles.

Tableau 1.5 : Stratégies d'adaptation aux aléas pour les zones côtières

Option d'adaptation	Objectif	Exemple
Protection	Tenter de prévenir les effets de la mer sur la terre	Construction d'ouvrages longitudinaux, alimentation des plages
Accommodement	Modifier les activités humaines et l'infrastructure en fonction du changement du niveau de la mer	Construction de bâtiments sur pilotis, production agricole axée sur des cultures résistantes au sel et aux inondations
Retrait	Ne pas essayer de protéger les terres contre l'empiétement de la mer	Abandon des terres lorsque les conditions deviennent intolérables

(Source : Ressources naturelles Canada, 2004)

Le GIEC propose également une méthode d'adaptation aux changements climatiques dans les zones côtières, mais celle-ci est également basée sur le seul critère de la hausse du niveau marin relatif (Klein *et al.*, 1999).

Toutes ces solutions sont mises de l'avant comme un modèle d'adaptation vis-à-vis des changements climatiques dans leur intégralité bien qu'elles ne se basent que sur la hausse du NMR. Ceci peut provenir de la plus grande précision des données de hausse du NMR due à sa relative facilité de modélisation.

1.3.2.3 Prise en compte des autres paramètres

Le modèle des « trois options » pourrait également s'appliquer à tous les paramètres et non uniquement à la hausse du niveau marin relatif, mais cela en augmenterait la complexité. En effet, avec les nouvelles connaissances sur la dynamique côtière, les impacts des changements climatiques devraient également être abordés à l'aide d'autres paramètres climatiques et en combinant les processus marins et continentaux (Bernatchez et Dubois, 2008; Bernatchez *et al.*, 2008 a). Cette dernière approche permet, en effet, de faire des analyses multirisques et d'améliorer l'anticipation des réponses des systèmes côtiers aux aléas et aux changements climatiques (Fairbank et Jakeways, 2006; McInnes, 2006). Plusieurs autres modifications de paramètres pourraient être prises en compte pour l'aménagement des côtes dans un contexte de variations climatiques. Cependant, les recherches portant sur les connaissances des tempêtes futures, des redoux, de la fréquence et de l'intensité des aléas ne sont pas encore transférées dans la sphère de la science appliquée ni de la gestion des zones côtières et l'aménagement. Au Québec, une seule étude qui fait le lien entre le climat, sous ses multiples facettes, et l'érosion côtière existe (Bernatchez *et al.*, 2008). La difficulté à prendre en compte ces autres modifications tient à l'importance des effets locaux dans les prévisions et au fait que la production de résultats n'est possible que pour un lieu précis et avec un investissement très important.

1.4 Efficacité à court et long terme des modes de gestion actuels

Afin de choisir judicieusement entre les multiples possibilités qui s'offrent aux gestionnaires, il serait nécessaire de posséder des éléments de comparaison, d'évaluation des zonages. En effet, entre plusieurs possibilités, comment déterminer celle qui sera la plus efficace pour notre secteur d'aménagement ?

1.4.1 Choisir entre les différentes possibilités d'une même méthode

Concernant les modèles d'aménagement à choix multiples, peu d'auteurs décrivent les éléments qui permettraient de différencier les options qu'il serait préférable d'adopter selon les secteurs et les situations. Pour Dean et Dalrymple (2004), les choix possibles entre les différentes options de gestion de la côte peuvent se faire en tenant compte de plusieurs paramètres (figure 1.16).

Factor	Magnitude	Option		
		Retreat	Nourish	Armor
Long-Term Erosion Rate	High	X ^a		
	Low		X	
Upland Economic	High		X	
Base	Low	X		
Protecting Historic Structures			X	X
Protecting Vital Infrastructure			X	X
Equity Matters Involved			X	X

^a Unless reduction in L'ISCR possible.

Dean et Dalrymple, 2004

Figure 1.16 : Facteurs affectant le choix parmi les trois options d'aménagement

D'après ces auteurs, les stratégies d'aménagement qui devraient être abordées sont : retrait, engraissement de la plage ou structures rigides de protection (figure 1.19). Dans cet ouvrage récent, les auteurs réservent les structures rigides de protection (*armor*) aux situations dans

lesquelles il n'est pas possible de faire autrement, à savoir si des lieux historiques, des infrastructures vitales ou si l'équité sont menacés. Ceci ne semble pas pour le moment être l'usage général ni des populations ni des gestionnaires. Pour faire la différence entre le retrait (*retreat*) et les recharges en sable (*nourish*), ils se basent sur deux critères : le taux de recul à long terme et/ou la valeur économique des terres menacées. Des chiffres de taux de recul sont évoqués à partir desquels les solutions semblent les mieux adaptées d'après les auteurs. Pour parler de taux de recul faible, il faut que celui-ci soit inférieur à 0,7 m par an; dans ce cas un engraissement de la plage est préconisé. Et pour parler de taux élevé, il faut qu'il soit supérieur à 2 à 3 mètres par an; dans ce cas c'est un retrait qui est préconisé. Cela laisse donc une marge de manœuvre importante pour les décideurs qui peuvent alors utiliser la valeur économique de l'arrière-côte pour baser leur choix (même s'il n'y pas de valeurs économiques précisées). Mais on agit ici toujours de manière réactive, une fois que le problème et le risque pour les infrastructures s'est manifesté. Ce modèle décisionnel doit cependant être adapté aux côtes québécoises en y ajoutant d'autres critères car la recharge n'est pas possible dans tous les milieux (falaises notamment) et possède un coût qui peut être important. De plus, le problème de choix se pose lorsque les taux d'érosion se situent à l'intérieur d'une fourchette (entre 0,7 et 2 m/an). L'analyse coût/avantage n'est pas proposée mais permettrait d'affiner les décisions.

1.4.2 Comparer des possibilités de zonage

Étant donné la multitude d'options d'aménagement côtier qui s'offre, il est important d'identifier quel serait le meilleur zonage pour une zone côtière en particulier. Différents éléments de comparaison pourraient alors être retenus tels que le coût de mise en place et d'élaboration, le coût d'une anticipation face à celui d'une réaction postérieure, le nombre de bâtiments à risque, les limitations économiques non nécessaires. L'intérêt collectif face à l'intérêt particulier pourrait aussi être pris en compte. Le fait que la gestion se doit d'être réalisée en fonction de l'intérêt du groupe et non d'une personne en particulier devrait être mis en avant. Les comparaisons devraient se faire avec d'autres zonages ou avec d'autres actions ou inactions possibles. Quelques comparaisons économiques existent entre action et

inaction à savoir celle de Stern (2007) à une échelle mondiale ou celle de Peng *et al.* (2006) à propos de la comparaison entre l'implantation d'un plan de gestion intégrée de la zone côtière en Chine versus l'inaction. Cependant, il n'existe pas encore de littérature sur ce sujet à une échelle locale pour aider les décideurs à faire des choix entre deux actions. Ainsi, il n'y a pas de méthodologie sur laquelle se baser pour identifier quels éléments il faut considérer lors de ce choix.

Morneau *et al.* (2001), Polomé *et al.* (2005) ainsi que Cooper et McKenna (2008) évoquent l'utilisation de la méthode d'analyse *coût/bénéfice* pour choisir la meilleure option d'aménagement. Cependant, cette méthode reste plus adaptée à la comparaison de solutions « post » problématique qu'à la comparaison de solutions de zonages qui doivent se faire en amont. De plus, c'est encore une méthode en développement pour laquelle il n'y a pas de consensus sur quels seraient les éléments à considérer : biens matériels, bénéfices non monétaires résultant de la localisation, avantage lié à l'utilisation de la plage, prix d'un écosystème sain, coût d'un désagrément visuel, prix lié à une tranquillité d'esprit,... (Cooper et McKenna, 2008).

Un choix ne serait plus nécessaire si l'on connaissait avec précision l'évolution certaine de la côte. Il est donc possible de se demander s'il serait possible d'utiliser des modèles 3D pour prédire l'évolution des systèmes et apporter des solutions précises aux aménagistes en leur fournissant des données d'évolution pour chaque secteur. Malheureusement, les processus naturels et leurs interactions sont encore trop complexes pour permettre une telle utilisation des modèles 3D (Whitehouse et Sutherland, 2001). Ainsi, choisir le zonage le plus efficace parmi des options théoriques est toujours indispensable.

1.4.3 Définir un horizon d'aménagement

Un élément important à considérer lors du choix du zonage est son *horizon de gestion*. En effet, il peut varier considérablement entre 20, 30, 50 voir 100 ans ou ne pas être défini. Dans l'entente spécifique sur l'érosion des berges sur la Côte-Nord (Dubois *et al.*,

2005) deux horizons sont utilisés à savoir 30 ans dans les zones municipales et 100 ans dans les secteurs hors des municipalités (soit les terres gouvernementales). D'autres utilisent un horizon de 50 ans, notamment en raison de sa concordance avec la période utilisée pour les modèles de prévision climatique ou encore avec la durée de vie de certaines infrastructures (Bernatchez *et al.*, 2008 a; Winckel *et al.*, 2008; Clark, 1996). D'autres prônent 100 ans comme Davidson-Arnott (2005) : « It seems prudent to take 100 years as the horizon for most planning exercises in the coastal zone and as a reasonable goal for the development of integrated coastal zone management. ». Le choix entre ces différents horizons n'est pas discuté et est donc laissé à la discrétion des décideurs selon leurs objectifs et la durée de vie prévue des constructions (habitation, hôpital, voie de communication...). Généralement, utiliser un horizon d'aménagement de l'ordre de 50 ans pourrait être à privilégier, compte tenu des cycles de vie des bâtiments (Sorensen et McCreary, 1990), des possibilités économiques ainsi que des possibilités de projections climatiques et des aléas.

Des horizons de mise à jour des zonages sont également proposés par plusieurs auteurs afin de rendre les plans de gestion plus modulables (Clark, 1996; Stewart *et al.*, 2003; Paskoff, 2004). Un recalcul périodique de la zone d'érosion tous les 5 ou 10 ans serait ainsi souhaitable (Clark, 1996). Le recalcul pourrait aussi être effectué à mi-terme de l'horizon de gestion ainsi que peu avant le terme (Dubois *et al.*, 2005) afin de prendre en compte à la fois le déplacement du trait de côte (pour réajuster l'emplacement du zonage) et les modifications dans les processus.

Ainsi, si la littérature s'attardant à la réduction et à l'adaptation aux risques semble s'accorder sur le fait que le zonage est un bon outil, il ne ressort pas de consensus sur la manière d'opérer ce zonage ni sur quels éléments le baser. Plusieurs méthodes sont ainsi exposées selon les endroits et selon les auteurs sans toutefois qu'il se dégage d'éléments permettant de privilégier l'une ou l'autre. Il n'existe pas d'étude qui mesure l'impact de la mise en place d'un zonage sur l'évolution de l'occupation des terres et sur l'évolution des risques pour une population. Ce mémoire s'attachera donc à combler ces lacunes pour contribuer à une meilleure gestion des risques littoraux dans le contexte actuel de changements climatiques.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie utilisée s'appuie sur une caractérisation précise de l'environnement de la municipalité de Percé, tant d'un point de vue physique qu'humain. Cela permettra de répondre efficacement aux deux objectifs principaux de ce projet qui sont de connaître tant les impacts que l'efficacité des zonages des risques.

L'approche utilisée comprend ainsi l'évolution du secteur d'étude, l'intégration des changements environnementaux, la comparaison des zonages, l'évaluation des coûts liés aux risques côtiers, la démarche des rencontres avec le milieu et, enfin, un traitement de toutes ces informations au sein d'un système d'information géographique.

2.1 Caractérisation de la côte à l'étude

La *caractérisation physique* de la côte du secteur à l'étude se base sur la distinction de segments homogènes d'après leur nature géomorphologique. Cette segmentation a été élaborée par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières (UQAR). Pour cela plusieurs caractéristiques sont relevées (tableau 2.1). Elle a été effectuée sur le terrain en 2006 et complétée à l'aide de vidéographies obliques héliportées du secteur (Environnement Canada, 2005) et des cartes géologiques. Le trait de côte a été tracé sur les orthophotographies au 1 : 40 000 de 2001 dans un système d'information géographique (ArcGIS 9.1 et 9.2). Il a été divisé en 146 segments dont la longueur varie entre 6 mètres et 6,9 kilomètres. Le trait de côte correspond au sommet des falaises dans les secteurs concernés ou à la limite de la végétation pour la flèche littorale et les terrasses de plage.

Tableau 2.1 : Caractéristiques de la côte recueillies lors de la segmentation

Caractéristique	Utilisation
Type de côte	Faciès littoral, géomorphologie de la côte, énergie de la côte
Hauteur	Aléas potentiels (possibilité de mouvements de masse)
Lithologie	Dureté, possibilité d'altération, prise en charge des sédiments
Processus actifs	Mécanismes d'évolution de la côte, rythme de recul, causes de l'érosion
Plage	État d'équilibre du système, atténuation de l'énergie des vagues
Largeur	Quantité de sédiments présents, état du système
Pendage des couches rocheuses	Types d'aléas présents (glissements en plans vs. écroulement)
Artificialité (type et état)	Problématique de l'érosion (impacts potentiels, qualité de l'entretien)
Altération de la roche (qualitatif)	Type et intensité des processus actifs, fragilité de la roche
État de la côte	État vis-à-vis de l'érosion

La caractérisation fine des falaises rocheuses a été réalisée au moyen de visites sur le terrain, de vidéographies aéroportées et de cartes géologiques. Le degré d'altération des roches est une évaluation qualitative du degré de fragilisation des roches et de leur effritement. Le pendage représente l'inclinaison des couches sédimentaires présentes dans les roches au niveau de la falaise.

Une *caractérisation de l'occupation humaine* de la côte a également été effectuée. Elle visait à identifier de manière linéaire quelles étaient les formes d'occupations humaines présentes sur l'arrière-côte. Pour cela, une bande de 150 mètres en arrière du trait de côte a été utilisée. Les différentes catégories d'occupation possible sont : patrimoniale, service public, industrielle, récréative, portuaire, commerciale (tant commerces locaux que touristiques), villégiature (chalets), résidentielle, voie de communication (une sous-catégorie a été effectuée entre la voie ferrée, la route nationale 132 et les voies locales), naturelle, friche et agricole. Était toujours retenue la première occupation à proximité de la côte. En cas de double utilisation, l'occupation principale était considérée. La caractérisation a été réalisée à l'aide des orthophotographies au 1/40 000 du secteur ainsi que du trait de côte du LDGIZC. L'occupation humaine a été inventoriée à l'aide du rôle d'évaluation foncière fourni par le MAMR (2006), de la couche des voies de communication de la base de données topographiques au 1/20 000 du Québec, de l'interprétation des photographies aériennes ainsi que des connaissances acquises sur le terrain.

2.2 *Évolution du secteur d'étude*

Afin de comprendre au mieux comment la côte est susceptible d'évoluer dans le futur, il est nécessaire de connaître et de comprendre son évolution passée. L'évolution du secteur d'étude a été réalisée à l'aide de couvertures de photographies aériennes datant des années 1934, 1963, 1975, 1980, 1992 (géoréférencement de Bernatchez *et al.*, 2008 a, à l'aide des orthophotographies de 2001) ainsi que des orthophotographies de 2001.

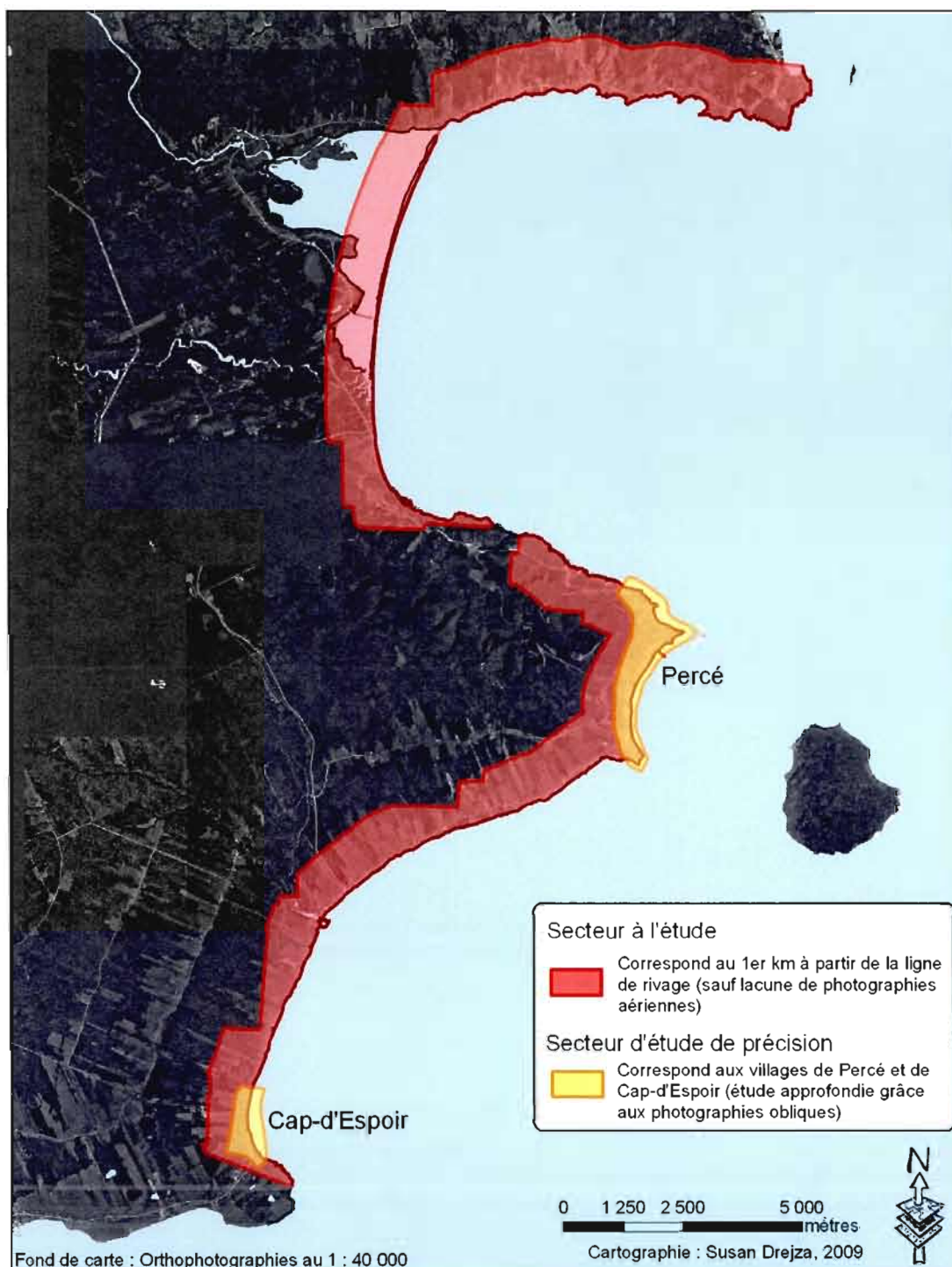
2.2.1 *Évolution historique de l'occupation du territoire*

L'occupation des terres a été déterminée par photo-interprétation pour une bande côtière d'une largeur de 1 km à partir de la ligne de rivage de 2001 (carte 2.1). Afin de rendre les comparaisons possibles entre toutes les années, les zones manquantes pour au moins une

couverture de photographies ont été supprimées de l'analyse pour toutes les autres années. Ainsi, une zone de 3 483 hectares a été caractérisée.

Une telle analyse diachronique de photographies aériennes a également été utilisée par Robin et Verger (1996) en France, entre 1960 et 1990. Leur analyse ne s'étendait cependant que dans les 500 premiers mètres longeant les côtes et visait seulement l'évolution de l'urbanisation.

Pour chaque couverture de photographies, la position et le type des voies de communication, la localisation des unités d'urbanisation (bâtiments), les superficies boisées ainsi que les superficies en friche et les terrains agricoles ont été délimités. Ces éléments géographiques ont été représentés par numérisation de polygones, de polygones et de points dans ArcGIS 9.1 et 9.2. De plus, grâce à des photographies aériennes obliques de 1927 (BANQ, 2009) et au rôle d'évaluation foncière de 2006 (MAMR), il a été possible, en plus du nombre, de caractériser l'évolution du type de bâtiments pour deux secteurs (en jaune sur la carte) à savoir le village de Percé et celui de Cap-d'Espoir au niveau de l'ancien quai (carte 2.1).



Carte 2.1 : Zones utilisées pour la photo-interprétation

2.2.2 Évolution de la côte

La position des anciens traits de côte provient du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR et a été obtenue à l'aide des photographies aériennes géoréférencées ou des orthophotographies (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Cela a permis de calculer les **taux de recul historique** du trait de côte provoqués par l'érosion côtière. La méthode retenue pour cette analyse a été de comparer le trait de côte avec une ligne fixe en arrière-côte afin de minimiser les marges d'erreur (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Le secteur de Cannes-de-Roches (voir carte 3.2) n'a pas pu être utilisé car les distorsions dues aux parois verticales abruptes étaient trop importantes; ce secteur est donc exclu de notre analyse. Nous utiliserons ici les données produites par cette étude.

Les **taux de recul actuels** de la côte résultent d'un réseau de suivi implanté depuis 2005 par le Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR. Ces taux, relevés annuellement, sont mesurés à l'aide de 49 bornes repères installées à une distance fixe en arrière du trait de côte (Bernatchez, 2006).

Concernant l'environnement humain, c'est principalement **l'artificialisation** de la ligne de rivage qui sera utilisée. L'évolution des ouvrages de protection sur la ligne de rivage a été effectuée par photo-interprétation par Friesinger (2009).

2.3 Projection de l'évolution prévue de la côte

Des projections d'évolution côtière pour l'horizon 2050 ont été utilisées (réalisées par Bernatchez *et al.*, 2008 a). Celles-ci incluent notamment les impacts de plusieurs changements de l'environnement physique tels que les précipitations (quantité et catégorie), les températures, les redoux hivernaux, les tempêtes et les glaces de mer. L'analyse des données brutes a été effectuée par des groupes de recherche et des experts spécialisés dans ces domaines (Senneville et Saucier, 2008; Jolivet et Bernatchez, 2008). Plusieurs scénarios d'évolution ont été définis à savoir un scénario optimiste (S1) tablant sur une poursuite de

l'érosion telle qu'elle a eu cours en moyenne depuis 1934, un scénario modéré (S2) et un scénario pessimiste (S3) (tableau 2.2). Parmi les trois scénarios proposés, pour chaque segment, il a été choisi le scénario qui serait le plus probable compte tenu des modifications environnementales appréhendées (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Ce scénario le plus probable (SP) sera utilisé dans cette étude comme référence pour l'emplacement du trait de côte en 2050.

Tableau 2.2 : Scénarios d'évolution de la côte pour 2050

Scénarios pour 2050	Description
S1 , Scénario optimiste : Taux de déplacement moyen historique de la ligne de rivage (entre les photos les plus anciennes et les plus récentes).	Il n'y aura pas de modification de l'érosion côtière en raison des changements climatiques. La sensibilité du littoral aux changements climatiques sera faible ou nulle.
S2 , Scénario modéré : Taux d'érosion moyen mesuré pour un intervalle de 10 à 15 ans où l'érosion a été la plus intense parmi toutes les périodes.	Il y aura une probable accélération de l'érosion côtière en raison des changements climatiques.
S3 , Scénario pessimiste : Taux moyens des valeurs supérieures à la moyenne des taux de recul pour un intervalle de 10 ou 15 ans où l'érosion a été la plus intense parmi toutes les périodes.	Il y aura une accélération élevée de l'érosion côtière en raison des changements climatiques et des facteurs anthropiques aggravants.

Modifié de Bernatchez *et al.* (2008 b)

2.4 Comparaison des zonages

Différents zonages potentiels ou appliqués dans le secteur (tableau 1.3) ont été cartographiés avec précision dans un Système d'Information Géographique (SIG) afin de pouvoir les analyser et les comparer. Le logiciel utilisé est ArcGIS (version 9.1 et 9.2). Certains des zonages ont dû être adaptés à la géomorphologie du littoral de Percé, mais l'esprit et l'horizon de gestion du zonage initial ont été respectés.

Le zonage élaboré pour la Côte-Nord (Dubois *et al.*, 2005) a dû être adapté aux particularités de la Gaspésie car les falaises rocheuses de Percé sont constituées de roches sédimentaires alors que celles de la Côte-Nord sont formées de roches ignées. Les auteurs

avaient donc conseillé une étude plus approfondie des secteurs de côte à falaises de roche sédimentaire mais ne proposaient pas une marge fixe pour ce type de côte (Dubois *et al.*, 2005). La différence dans la résistance à l'érosion est importante. Ainsi, les aléas sont d'intensités variables. Les principes de gestion et de marges de sécurité développés sur la Côte-Nord ne peuvent donc pas tous être repris tels quels sur la péninsule gaspésienne mais devront être adaptés en conservant l'esprit d'origine. Sur la Côte-Nord le recul des falaises n'est pas significatif (sur une longueur de vie humaine) c'est pour cela que les marges sont seulement de 10 ou 15 mètres. Ces marges sont suffisantes, dans le cas d'une stabilité du trait de côte, pour être suffisamment éloigné des vagues et des influences maritimes majeures. Cependant, en Gaspésie, le recul de la ligne de rivage subit une variation spatiale due à l'érosion. Deux étapes d'adaptation du zonage de la Côte-Nord sont donc nécessaires pour ces falaises sédimentaires : 1) prévoir où sera le trait de côte dans 30 ans selon la moyenne des taux de reculs supérieurs et 2) ajouter 15 mètres pour que les constructions soient toujours sécuritaires dans 50 ans (voir annexe 3, tableau récapitulatif des taux, modifié de Dubois *et al.*, 2005).

Les comparaisons effectuées entre les zonages à l'étude et l'érosion la plus probable (SP) ont permis de déterminer (figure 2.1) :

- des superficies non zonées par les différentes lois d'aménagement mais qui seront à risque dans le futur; l'intensité de l'érosion future est sous-estimée dans ces zones;
- des superficies zonées à tort par les différentes lois d'aménagement; à contrario, l'intensité du zonage de ces secteurs est surestimée;
- des zones d'adéquation du zonage avec les projections des futures conditions côtières (adéquation totale ou quasi totale).

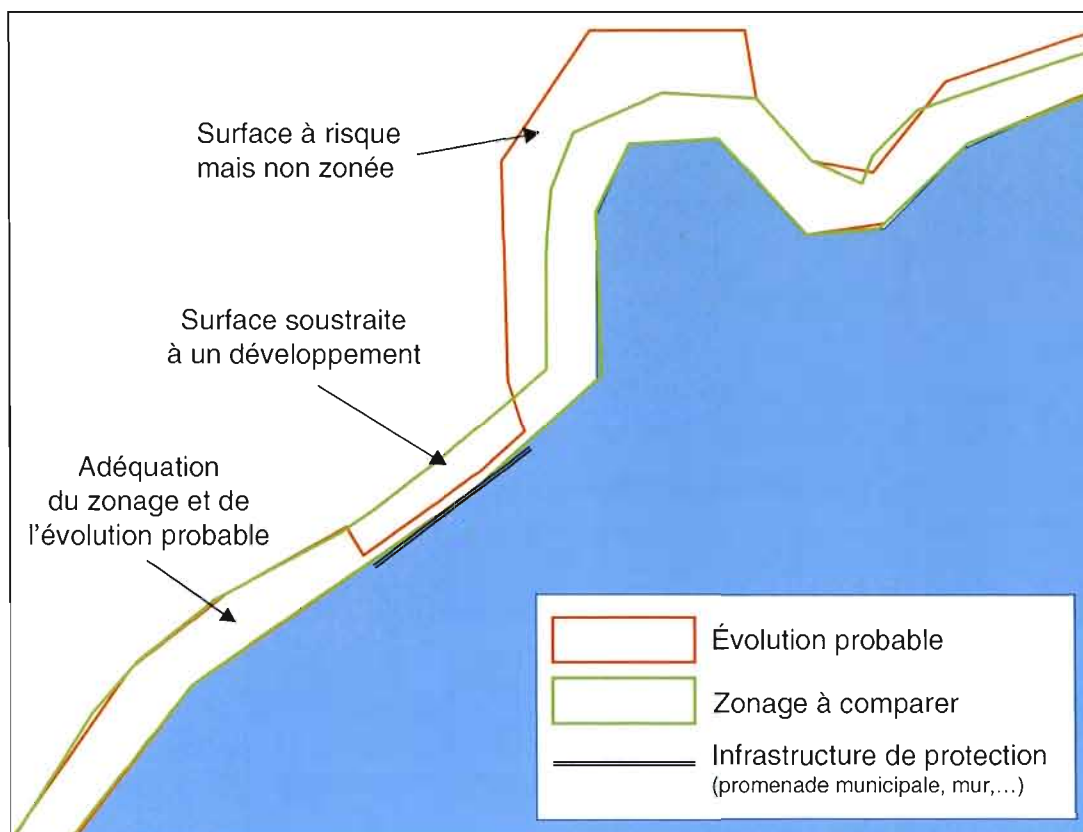


Figure 2.1 : Comparaison des zonages avec l'évolution probable du trait de côte

2.5 Évaluation des coûts

Afin d'établir les conséquences financières possibles liées à la perte des infrastructures à risque dans la zone côtière, une évaluation de leur valeur et de leur type a été effectuée. Les infrastructures prises en compte pour cette évaluation sont le cadre bâti ainsi que les voies de communication. À l'aide d'un SIG, tous les éléments inclus dans les périmètres affectés par l'érosion future ont été recensés selon le scénario probable envisagé ainsi qu'en fonction des différents zonages possibles (Drejza et Bernatchez, 2008).

Le décompte de ces éléments, leur localisation et leur typologie proviennent des données suivantes :

- le rôle d'évaluation foncière fourni par le MAMR (2006), qui comprend la localisation de chaque unité d'évaluation foncière, sa valeur et son type d'utilisation;
- un inventaire des bâtiments réalisé par photo-interprétation étant donné qu'une unité d'évaluation municipale peut comprendre plusieurs bâtiments ou aucun;
- la couche des voies de communication de la base de données topographiques au 1/20 000 du Québec (localisation et typologie) ainsi que le traçage effectué pour mettre à jour ces voies de communication et les voies ferrées à l'aide des orthophotographies de 2001.

Par la suite, le coût de ces infrastructures a été calculé à l'aide des données suivantes :

- la valeur de chaque unité du rôle d'évaluation foncière soit le bâtiment, le terrain et l'immeuble (ensemble de l'unité soit le terrain et le bâtiment);
- la valeur moyenne de reconstruction des routes selon leur type, utilisée par le ministère des Transports du Québec pour les routes dont il a la charge (Labbé D., ingénieur au MTQ, communication personnelle, 2007);
- la valeur de reconstruction moyenne des routes municipales selon leur type (André Fortin, de Progest-Gapsé firme d'ingénieurs-conseils, communication personnelle, 2007);
- la moyenne des valeurs estimées de reconstruction de la voie ferrée (Olivier Demers, Corporation des Chemins de fer de la Gaspésie, communication personnelle, 2007).

2.6 Rencontres avec le milieu

Des rencontres avec le milieu ont eu lieu dans le but d'effectuer une validation des données existantes et de connaître leurs besoins et enjeux. Pour cela des entrevues ont été réalisées avec des représentants : le responsable de l'aménagement de la MRC (Félix Caron), le directeur de l'urbanisme et responsable des permis de construction de la municipalité (Ghislain Pitre) et la représentante de l'association « Conservation de la nature » (Geneviève Leroux). Une participation à la consultation publique concernant le nouveau schéma

d'aménagement de la MRC (11 mars 2008) a également permis de connaître directement l'avis de la population. Il a également été possible de participer à la table de concertation que le consortium Ouranos avait mise en place avec tous les représentants du milieu (19 juin 2007). Enfin, une participation à un atelier de formation et d'échanges sur l'érosion organisé le 17 avril 2008 par le comité ZIP Baie des Chaleurs et le LDGIZC de l'UQAR (Belzile, 2008) a permis de recueillir plusieurs avis et besoins. Le but de ces entrevues et rencontres était de mieux comprendre dans quelle mesure le zonage des risques est appliqué, compris et expliqué à la population, et dans quelle mesure il a un impact socio-économique ainsi qu'un impact sur la protection faunique et floristique des habitats côtiers.

2.7 Traitement des données dans un SIG

Les multiples informations recueillies ont été traitées dans un SIG à l'aide d'ArcGIS 9.1 puis 9.2. Ce puissant outil d'analyse des données dans un cadre de référence spatiale a permis l'extraction de nombreuses données secondaires. Il permet en effet la superposition et la recherche de proximité. L'utilisation des SIG pour ce type de problématique de gestion semble être une méthode reconnue (Klein *et al.*, 1999 et 2001; Zeidler, 1997; Lajoie, 2006; Tolvanen et Kalliola 2008). En effet, les SIG sont un outil puissant d'intégration de multiples données et de leurs représentations spatiales :

« Appropriate frameworks, such as Geographic Information System (GIS) are strongly advised in ICM [integrated coastal management] applications, primarily for coastal data management and database support. Once arranged, a GIS system can be employed for a good many destinations serving the purpose of both vulnerability assessments, ICM planning and other projects in the coastal zone. » (Zeidler, 1997, p. 49)

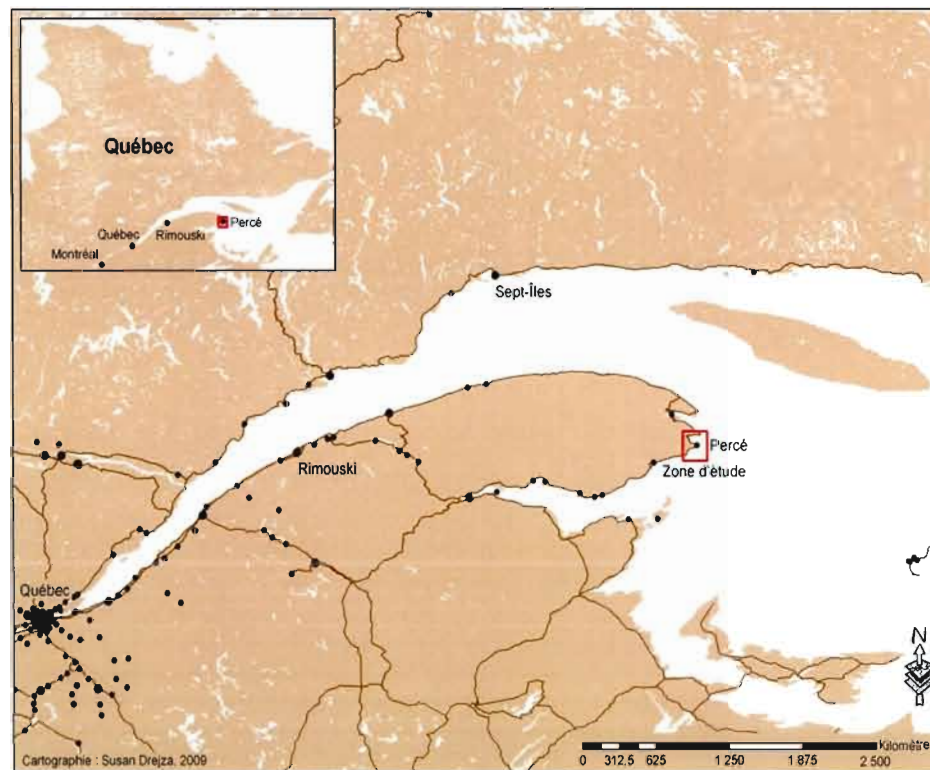
Les traitements qui ont été effectués comprennent une panoplie d'outils et d'analyses spatiales différents. Divers types de fichier de formes (ou *shapefiles*) ont été utilisés à savoir des points correspondants aux bâtiments, des polygones correspondants aux voies de communication et au trait de côte et des polygones correspondants aux possibilités d'évolution de la côte, aux zonages et à l'occupation humaine du territoire. Les propositions de marges présentées par les zonages ont été transposées en polygones à l'aide de zones

tampons partant du trait de côte le plus récent et le plus précis existant pour le secteur. Les outils de superpositions spatiales (*clip, erase*) et de proximité (*buffer, select by attributes*) ont permis d'extraire de multiples données : décompte des bâtiments inclus dans les diverses propositions de zonage, longueur de voies de communication à proximité de la côte, proximité des infrastructures vis-à-vis de la côte. Les superficies des zonages ont été calculées et comparées afin de déterminer, pour chaque segment, l'adéquation ou non du zonage avec l'évolution future de la côte.

CHAPITRE III

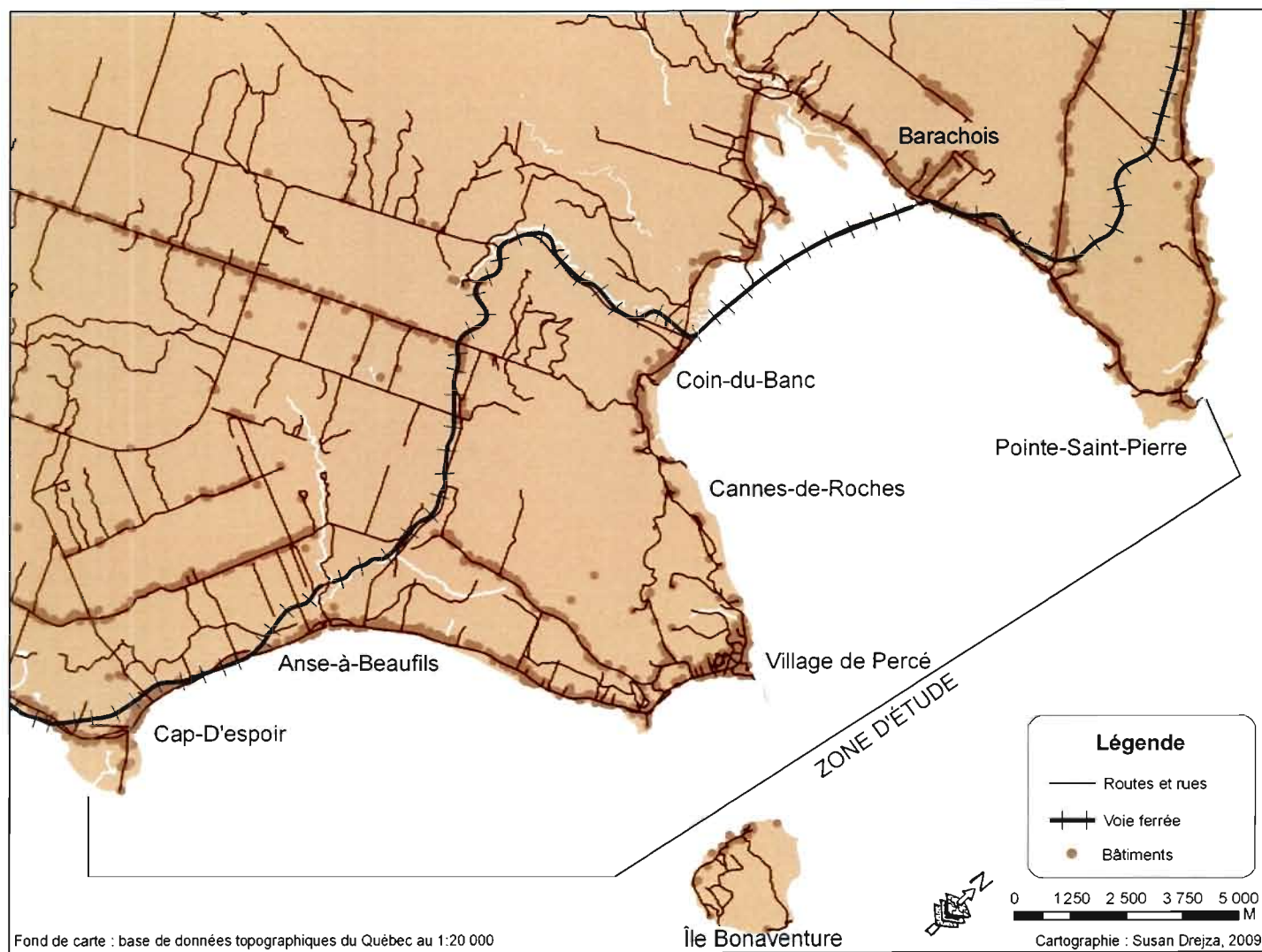
DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Afin de répondre aux objectifs du présent mémoire, une étude de cas a été réalisée. Le territoire d'étude présente 70,6 km de côtes et se trouve dans la MRC du Rocher-Percé, dans la région administrative de Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (carte 3.1) dans l'Est du Québec (Canada). Le territoire à l'étude se situe plus précisément dans la municipalité de Percé, entre la pointe Saint-Pierre au nord et le cap d'Espoir au sud (carte 3.2).



Carte 3.1 : Localisation de la zone d'étude de Percé

Carte 3.2 : Limites de la zone d'étude de Percé



3.1 Contexte physique

3.1.1 Caractéristiques géomorphologiques

▪ Types de côtes

Le trait de côte est, pour plus de 55 % constitué de falaises rocheuses (tableau 3.1 et carte 3.3). Les autres types de côte sont les terrasses de plage, qui se retrouvent principalement dans le fond des anses rocheuses ou des zones abritées (en 17 endroits sur le territoire) et une flèche littorale qui représente à elle seule 15 % de la longueur totale de la côte. En arrière de la flèche littorale se trouve une côte à marais maritime qui compte pour 20 % de la longueur totale de la côte. La flèche ainsi que le marais maritime qu'elle protège sont appelés « barachois » dans le vocabulaire régional. La longueur des côtes correspond à leur longueur avant la modification humaine, c'est-à-dire sans le surplus lié aux infrastructures portuaires (quais, digues, jetées, installations industrielles) qui occupent 4 567 mètres de rivage.

Tableau 3.1 : Types de côte du secteur d'étude

Type de côte	Longueur	
	m	%
Falaise rocheuse	38 949	55,3
Terrasse de plage	6 114	8,7
Flèche littorale	11 196	15,9
Marais maritime	14 181	20,1
TOTAL	70 440	100

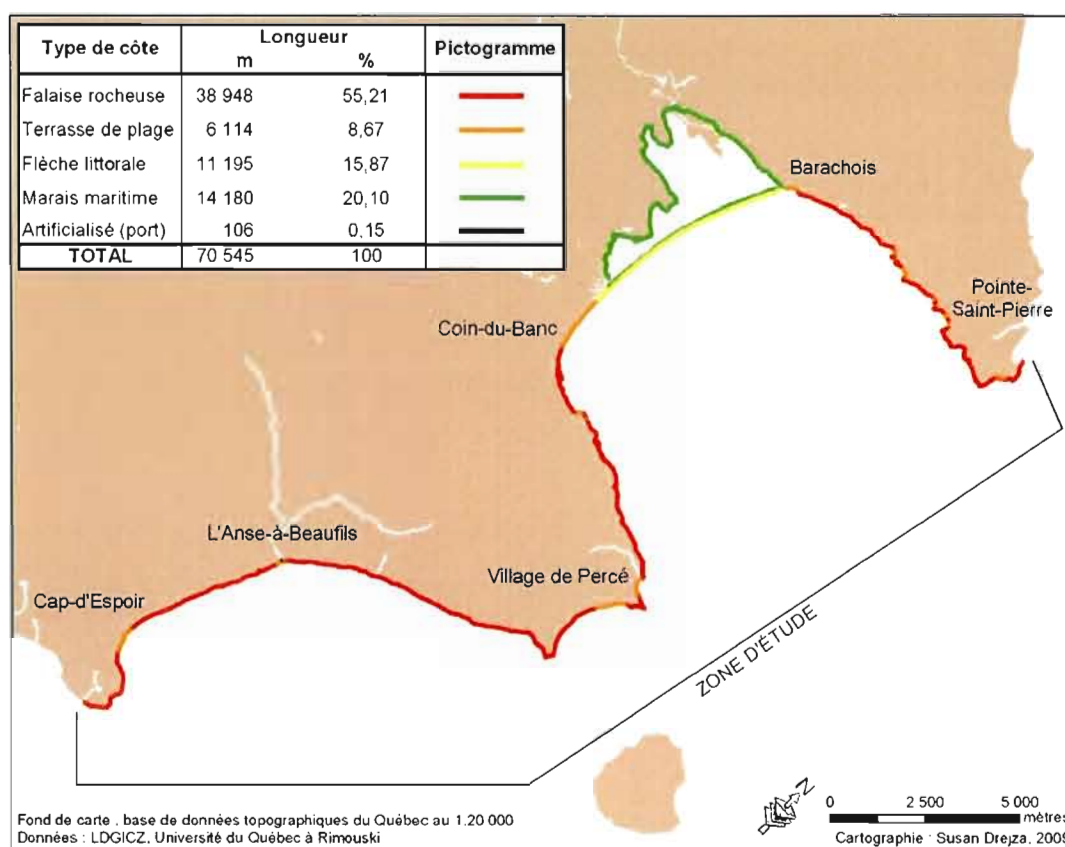
Voir définition des termes en Annexe I

Les proportions des divers types de côte sont comparables à celles observées dans le reste de la baie des Chaleurs (LDGIZC, 2009) et du Québec maritime laurentien (Bernatchez et Quintin, 2005) tel qu'exposé au tableau 3.2. Cela rend donc le secteur d'étude représentatif d'une situation plus régionale.

Tableau 3.2 : Répartition des types de côte selon les secteurs considérés
(pourcentage de la longueur de côte)

Type de côte	Percé	Baie des Chaleurs	Québec maritime
Falaise rocheuse	55	46	50
Flèche littorale	16	18	5
Terrasse de plage	9	13	17
Marais maritime	20	20	10
Côte deltaïque	0	3	15
Autre	0	0	3

(Source : LDGIZC, 2009 et Bernatchez et Quintin, 2005)



Carte 3.3 : Types de côte de Percé

■ Géologie régionale

Les formations rocheuses du secteur sont toutes d'origine sédimentaire (tableau 3.3). Ainsi, bien que presque la moitié des côtes soit de nature rocheuse, cela ne signifie pas une absence de processus naturels.

Tableau 3.3 : Lithologie des falaises rocheuses de Percé

Lithologie des falaises	Longueur (m)	%
dominante grès et conglomérat	21 346	54,8
dominante grès	11 357	29,2
dominante calcaire	5 684	14,6
lithologie non déterminée	561	1,4
TOTAL	38 948	100,0

Les roches sédimentaires présentes sont principalement des grès, des conglomérats (formation de Bonaventure), des calcaires et des mudstones (Daigneault, 2001). Celles-ci affleurent dans les falaises vives de la côte et sont ainsi soumises à des processus importants d'altération tels que la météorisation et la gélifraction qui en modifient la structure physique et chimique (tableau 3.4), ainsi qu'à des mouvements de masse. De plus, le secteur des Canes de Roches est un secteur où le nombre de failles et de fractures est important, entraînant de nombreux mouvements de masse. Le projet de schéma d'aménagement de la MRC du Rocher-Percé (2005) y a d'ailleurs inventorié une zone à risque naturel de glissements de terrain et de mouvements de masse.

Tableau 3.4 : Degré d'altération des falaises rocheuses de Percé

Degré d'altération des falaises	Longueur (m)	%
fortement altéré	25 830	66,3
moyennement altéré	272	0,7
faiblement altéré	1 640	4,2
non altéré	5 442	14,0
non déterminé	5 766	14,8
TOTAL	38 950	100

3.1.2 Dynamique littorale

▪ État des côtes

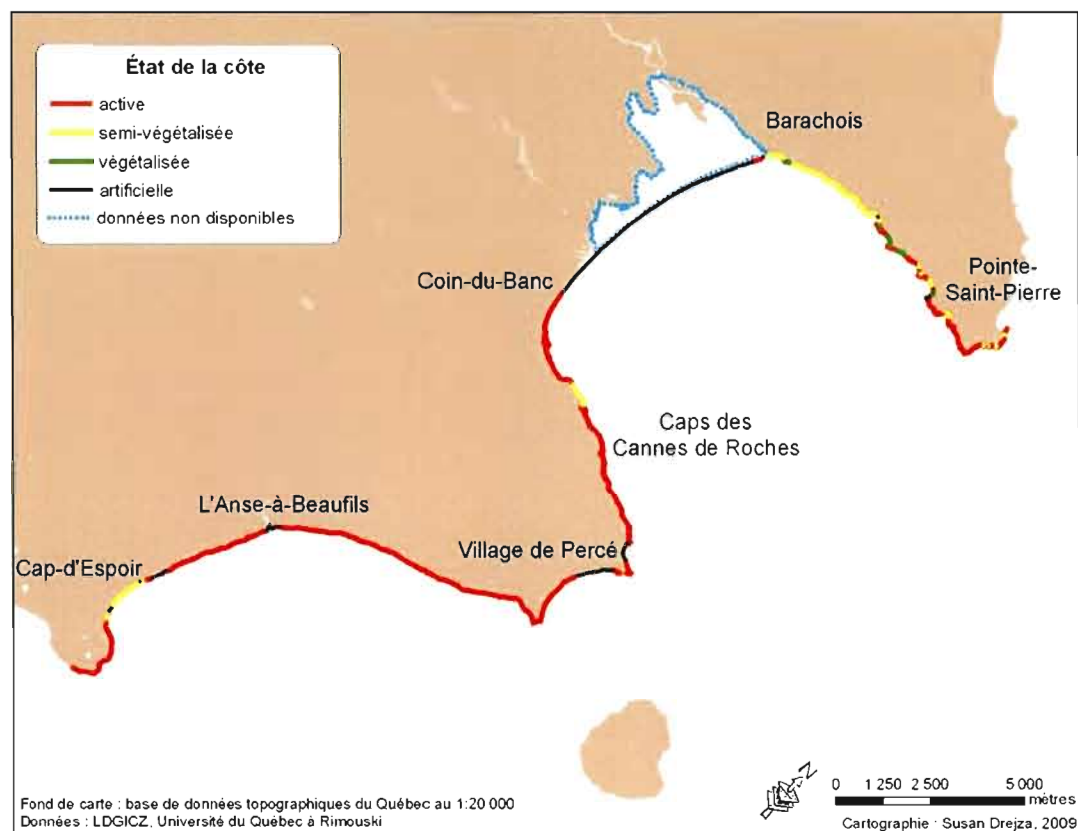
Les côtes à l'étude sont principalement actives (plus de 65 %). Seulement 2 % sont considérées comme stables/végétalisées (tableau 3.5 et carte 3.4).

Tableau 3.5 : État de la côte de Percé en 2006

État de la côte	Longueur (m)	%
végétalisée	1 138	2,2
semi-végétalisée	7 375	14,5
active	33 208	65,1
artificielle	9 278	18,2
TOTAL	50 999	100

La zone en arrière du barachois n'a pas été caractérisée

Voir définition des termes en annexe 2



Carte 3.4 : État de la côte à Percé

▪ *Artificialisation*

Actuellement, 18,2 % de la longueur totale de la côte a été artificialisée, ce qui dénote l'importance des problèmes de risques côtiers pour les habitants du secteur. Ces côtes ont été modifiées par l'homme par l'implantation d'enrochements, de murets, de zones portuaires, de rampes de mise à l'eau et/ou de remblais. Si l'on analyse l'évolution de l'artificialité

(Friesinger, 2009) présentée au tableau 3.6, on peut constater que les longueurs artificialisées ont été multipliées par 30 depuis 1934. Une importante hausse peut être constatée dans les années 70 durant lesquelles les longueurs artificialisées ont été multipliées par 12.

Tableau 3.6 : Évolution de l'artificialisation de la ligne de rivage de Percé

Année	Longueur (m)	% d'artificialité
1934	292	0,6
1963	566	1,2
1975	6 853	14,0
1980	7 495	15,3
1992	8 086	16,6
2001	9 111	17,9
2006	9 278	18,2

(Source : Friesinger, 2009)

3.1.3 Dynamique hydrosédimentaire

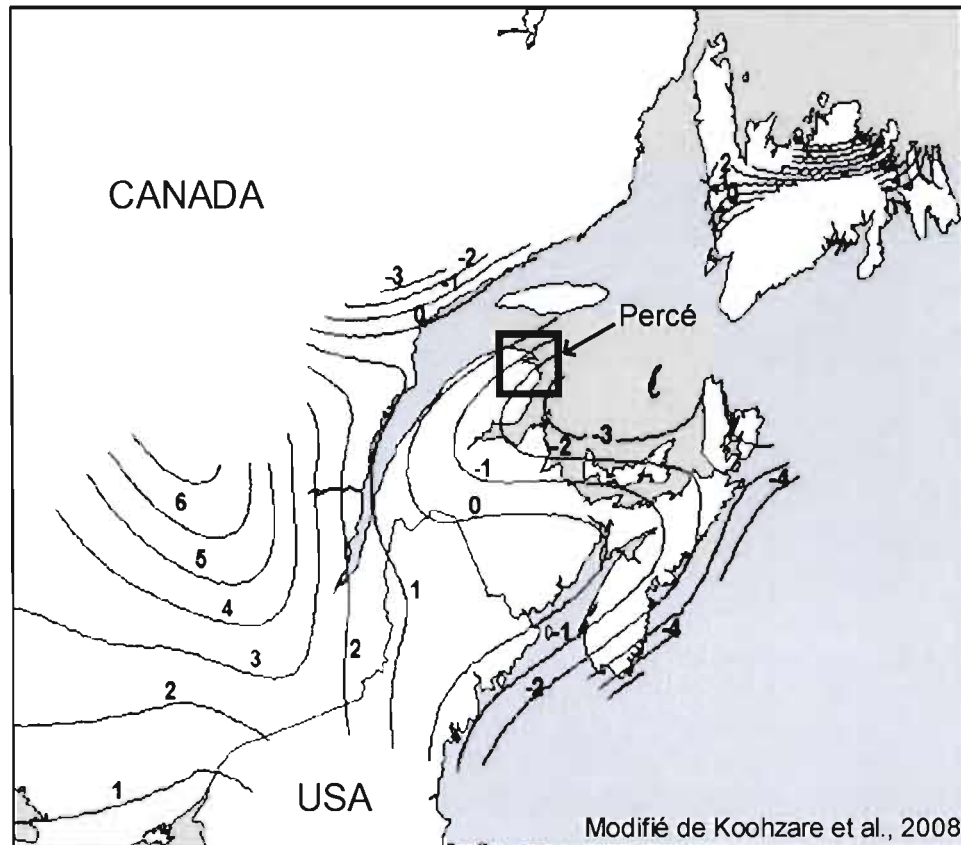
▪ Contexte marégraphique

Le secteur de Percé est situé dans un environnement microtidal avec des marées moyennes de 1,1 m ayant un cycle mixte semi-diurne (Service hydrographique du Canada, 2009). Lors des grandes marées, la ligne des pleines mers supérieures peut atteindre 1,7 m et le niveau maximal enregistré a été de 2,3 m (Service hydrographique du Canada, 2009). Les marées génèrent des courants côtiers pouvant atteindre 1,1 nœud lors du flot et 0,7 nœud lors du jusant (Service hydrographique du Canada, 2009).

▪ Niveau marin relatif

En Gaspésie le niveau marin relatif est en hausse et la région de la baie des Chaleurs est en état de submersion nette (Koohzare *et al.*, 2008). Les données les plus fiables à proximité de la baie des Chaleurs sont celles de la station d'Escuminac, au Nouveau-Brunswick, et indiquent une tendance à la hausse du niveau marin relatif de 20 cm/siècle [soit 2 mm/an] (Parkes *et al.*, 2006). Ces valeurs devraient être assez proches jusqu'au secteur de Percé si on se fie aussi au modèle géophysique de Tarasov et Peltier (2004). En effet, le sud de la Gaspésie est situé dans une zone d'affaissement isostatique (carte 3.5), ce qui accentue la

hausse des niveaux marins. Toutes les côtes du Québec ne sont pas pareillement sensibles à la hausse du niveau marin relatif mais la région de Percé est considérée comme y étant modérément sensible voire fortement pour certains secteurs tels que la flèche littorale (Shaw *et al.*, 1998).

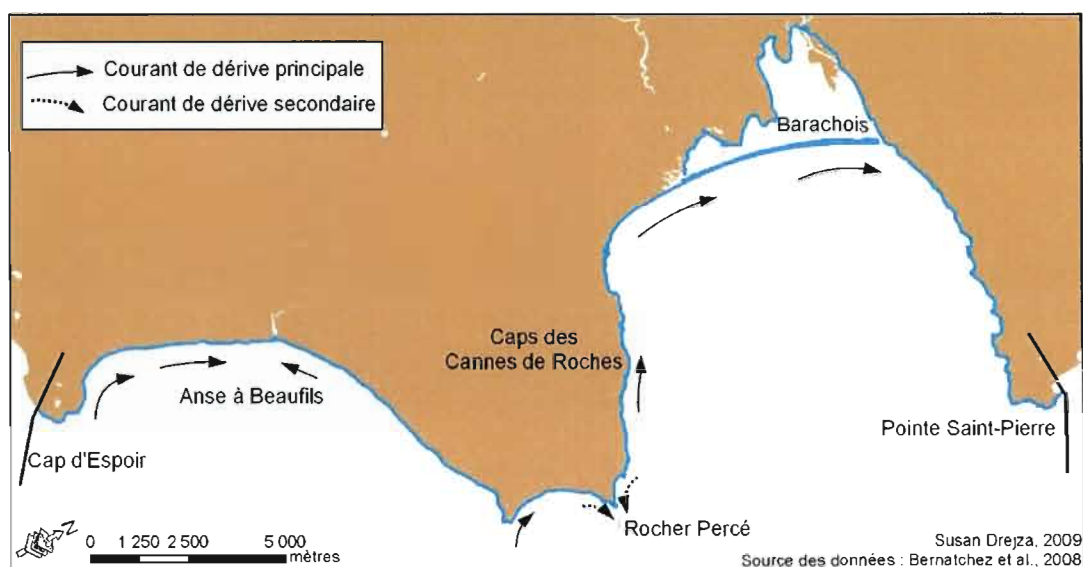


Carte 3.5: Mouvements verticaux de la croûte terrestre dans l'est du Canada (en mm/an)

- *Cellules hydrosédimentaires*

Comme il est important de gérer la côte en fonction des cellules hydrosédimentaires cohérentes, la fin de notre zone d'étude correspond à deux pointes rocheuses soit le cap d'Espoir au sud et la pointe Saint-Pierre au nord (carte 3.6). Cette approche par cellules hydrosédimentaires a été préconisée par Dubois (1973) et utilisée sur la Côte-Nord dans le cadre de l'étude mise en place par l'entente spécifique sur l'érosion des berges (Dubois *et al.*, 2005). D'après Ballinger *et al.* (2000), il serait préférable d'effectuer tous les plans de gestion du littoral au niveau de chaque cellule côtière même si l'auteur concède, qu'en pratique, c'est

relativement difficile en termes de ressources humaines nécessaires car on se situe à une échelle locale. « Le littoral fonctionne comme un système, aucune de ses parties n'est là par hasard, aucune ne fonctionne isolément » (Pinot, 1998).



Carte 3.6 : Courants de dérive principale et secondaire du secteur de Percé

▪ Tempêtes

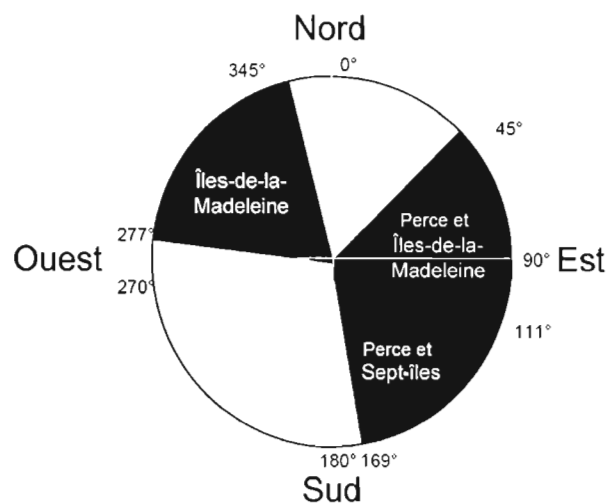
Se situant à l'extrémité de la baie des Chaleurs et ouvrant sur le golfe du Saint-Laurent, la ville de Percé est exposée aux multiples tempêtes qui peuvent y survenir. Le fetch est important, principalement de l'est et du sud-est (tableau 3.7), et n'est entravé par presque aucun obstacle hormis l'île Bonaventure (carte 3.2).

Tableau 3.7 : Fetch auquel sont soumises les côtes de Percé

Orientation	Longueur (km)
Nord-est	107
Est	366
Sud-est	339
Sud	178
Sud-ouest	93

Ce sont donc principalement les tempêtes de l'est qui frappent ses côtes. Entre 2003 et 2005, 46 % du nombre total des tempêtes recensées dans l'Est du Québec ont affecté la côte de

Percé (Savard, s.d.). Ce sont les tempêtes avec des vents du nord-est ou du sud-est qui produisent les vagues qui affectent le plus le littoral de Percé (figure 3.1). Il est à noter que ces tempêtes sont celles qui produisent des surcotes sur les côtes (Savard *et al.*, 2008).



Savard *et al.*, 2008

Figure 3.1 : Direction des vagues engendrées par les tempêtes du golfe du Saint-Laurent et régions qui en sont affectées

3.1.4 Évolution de la côte

■ Évolution historique

L'évolution du trait de côte à long terme a été très variable (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Fluctuant, de 1934 à 2001, entre une accrétion de 0,14 m/an pour les flèches littorales et un recul de 0,20 m/an pour les falaises rocheuses. Comme on peut le voir à la figure 3.2, les mesures d'évolution sont variables tant dans l'espace (selon les types de côte) que dans le temps (selon la période considérée).

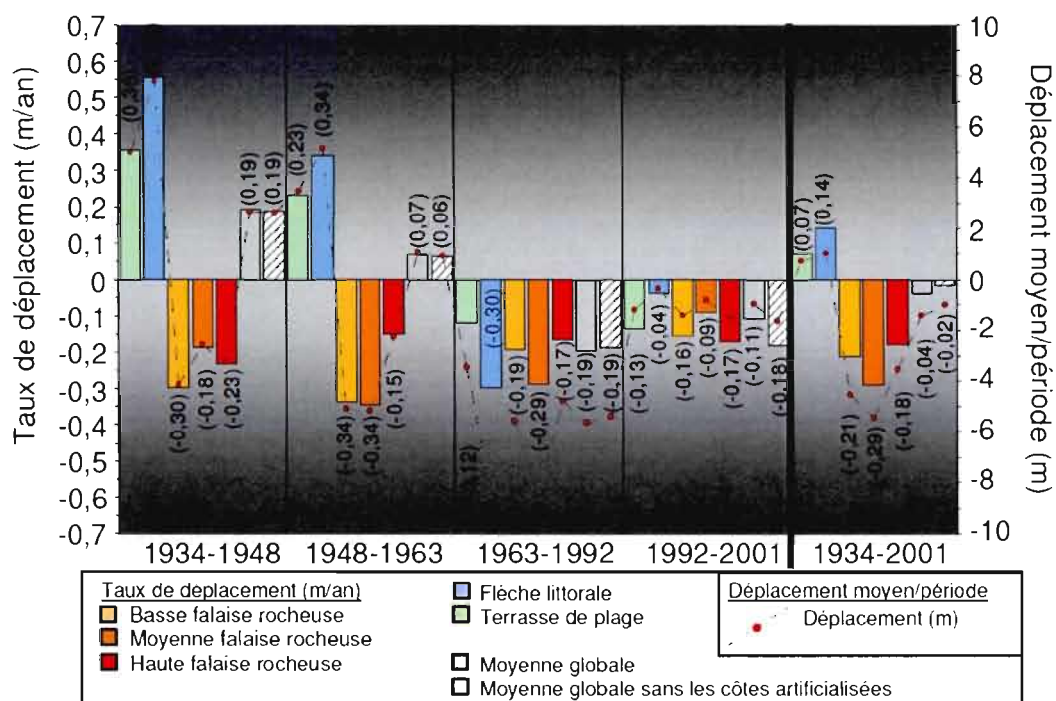
Bernatchez *et al.*, 2008 a

Figure 3.2 : Évolution globale de la ligne de rivage en fonction du type de côte entre 1934 et 2001

▪ Évolution récente

Depuis 2005, 49 bornes implantées par le LDGIZC de l'UQAR permettent d'obtenir des taux d'érosion ou d'accrétion actuels très précis pour la municipalité de Percé (Bernatchez, 2006). Les deux types de côtes qui sont suivies pour la municipalité de Percé sont les falaises rocheuses et les terrasses de plage. Les premières sont affectées par un taux d'érosion moyen de 0,09 m/an, soit très proche des taux moyens de la MRC ou de la Gaspésie (respectivement 0,11 et 0,14). Pour les terrasses de plage, les taux d'érosion moyens à Percé sont de 0,35 m/an également proches des taux de la MRC et de la région (respectivement 0,42 et 0,40). Le fait d'effectuer des mesures annuelles permet de se rendre compte de la variabilité qui peut exister entre deux années car les processus ne suivent pas toujours d'évolution linéaire mais souvent saccadée. Par exemple, les terrasses de plages de Percé ont reculé en moyenne de 0,14 m entre 2005 et 2006 mais de plus de 0,54 m l'année suivante (tableau 3.8).

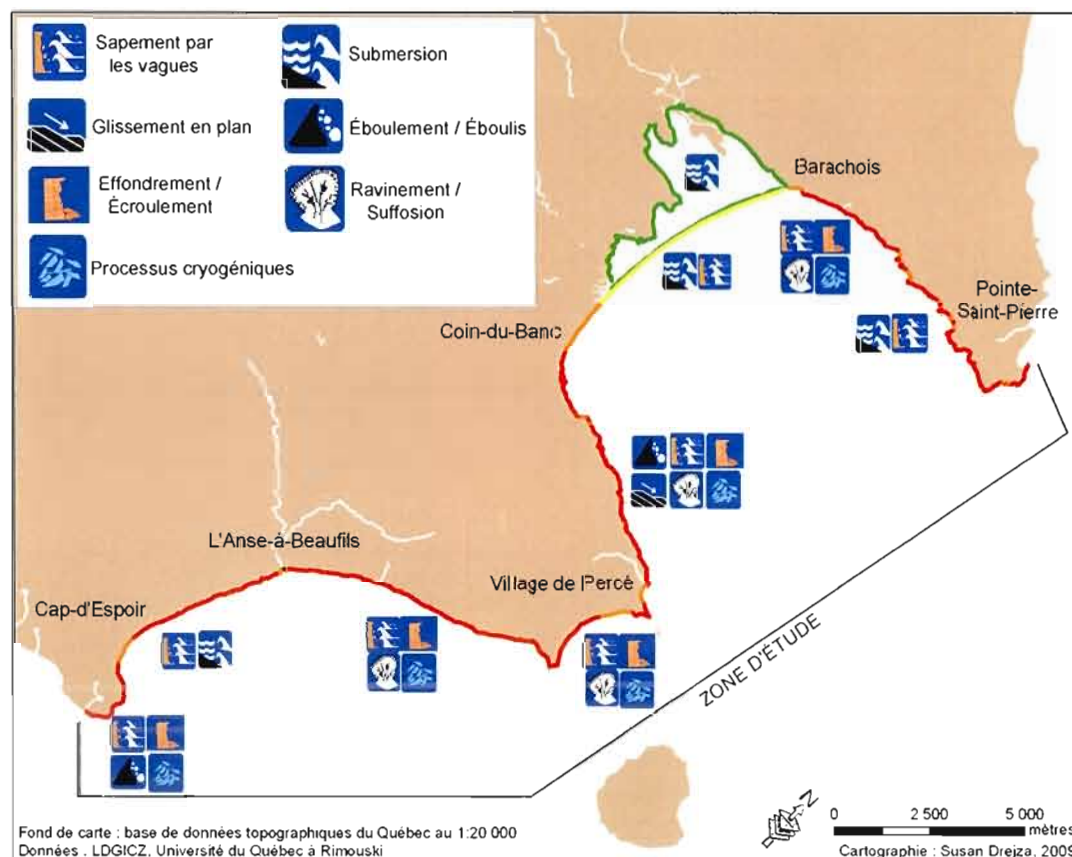
Tableau 3.8 : Taux de recul moyens récents dans le secteur de Percé (2005-2007)

Taux de recul moyens dans le secteur de Percé (2005 à 2007)	
Type de côte	Taux moyen (m/an)
terrasses de plage	0,35 (entre 0,14 et 0,54)
falaises rocheuses	0,09 (entre 0,06 et 0,12)
tout type de côte	0,14

(Source des données : LDGIZC, 2009)

▪ *Processus actifs particuliers*

Les aléas présents sur le territoire à l'étude sont l'érosion par les vagues, les glissements en plan, les éboulements-éboulis et les effondrements-écroulements (carte 3.7). La submersion est également un aléa qui affecte de grandes portions de la côte telles que la flèche littorale, le marais côtier et les terrasses de plage de l'anse de Cap-d'Espoir, du village de Percé, de Coin-du-banc et de la rive nord de la Malbaie (carte 3.7).



Carte 3.7 : Aléas côtiers dans la zone côtière de Percé

Dans les falaises du secteur les processus les plus actifs sont les processus cryogéniques, hydrogéologiques et les processus de pente. Les résurgences dans les parois entraînent la formation de cônes de glaces qui fragilisent la roche (figure 3.4 B et E). L'étude de Daigneault (2001) montre que les processus de cryoclastie agissent sur l'ensemble des falaises rocheuses et que, si les pertes de matériaux qu'ils engendrent sont faibles, elles n'en sont pas moins constantes tout au long de l'année, ce qui les rend responsables d'une part importante des reculs mesurés (figure 3.4 A).

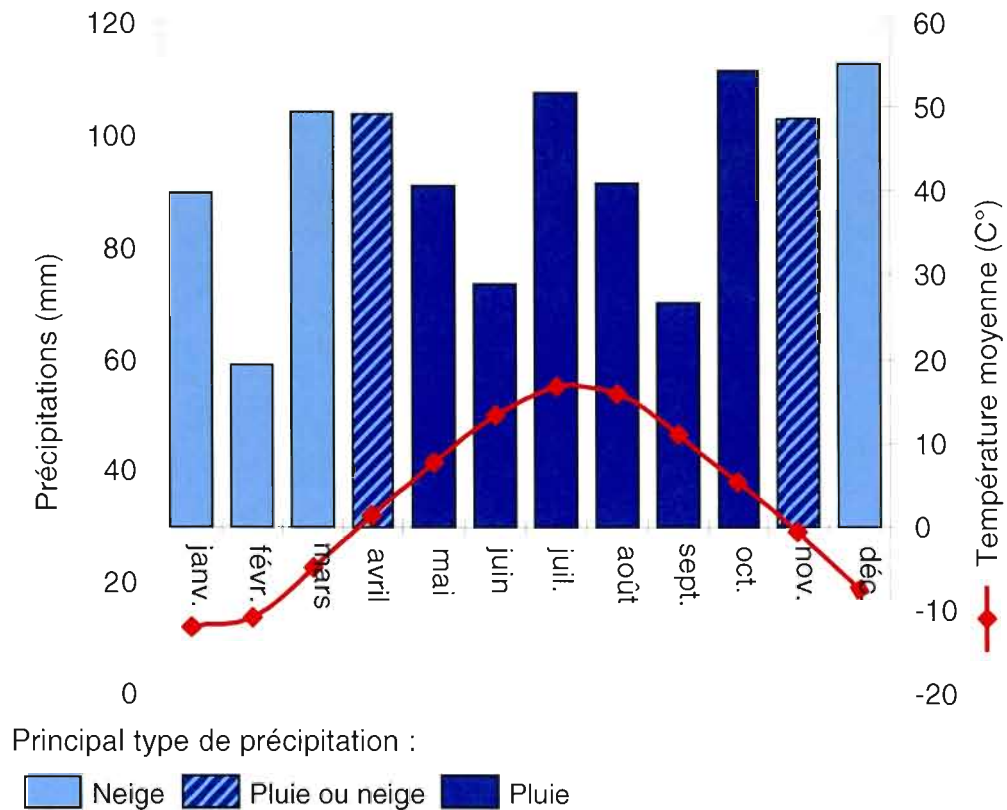
Les écroulements et les glissements en plan sont conditionnés par le pendage des couches sédimentaires. Comme le pendage horizontal est majoritaire (65 % des falaises) les éboulements sont importants. La suffosion et/ou le fait que les couches les plus altérées sont plus facilement dégagées par la mer créent des encoches et des cavités basales, ce qui fragilise les falaises (tableau 3.9). Les glissements en plan ont lieu dans les secteurs de pendage oblique (23,3 % des côtes).

Tableau 3.9 : Pendage des falaises rocheuses de Percé

Pendage des falaises	Longueur (m)	%
horizontal à subhorizontal	25 650	65,9
oblique	9 079	23,3
subvertical	2 940	7,5
non déterminé	1 279	3,3
TOTAL	38 948	100

3.1.5 Climat du secteur d'étude

La zone d'étude est caractérisée par un climat tempéré froid. Les températures négatives hivernales permettent la mise en place d'un manteau neigeux ainsi que d'un pied de glace (figure 3.3). La présence de ces éléments durant les mois d'hiver a un effet protecteur sur la côte (Bernatchez et Dubois, 2008).



source des données : Environnement Canada, 2009

Figure 3.3 : Diagramme ombrothermique de la station de Gaspé
(40 km au NNE du site d'étude)

Il est donc important de considérer les différents processus liés au froid, tels que la cryoclastie et le glaciol, les écoulements souterrains entre les couches de grès et le couvert de neige (figure 3.4). D'un point de vue géomorphologique, la saison froide n'est donc pas une saison passive, bien au contraire (Bernatchez et Dubois, 2008).

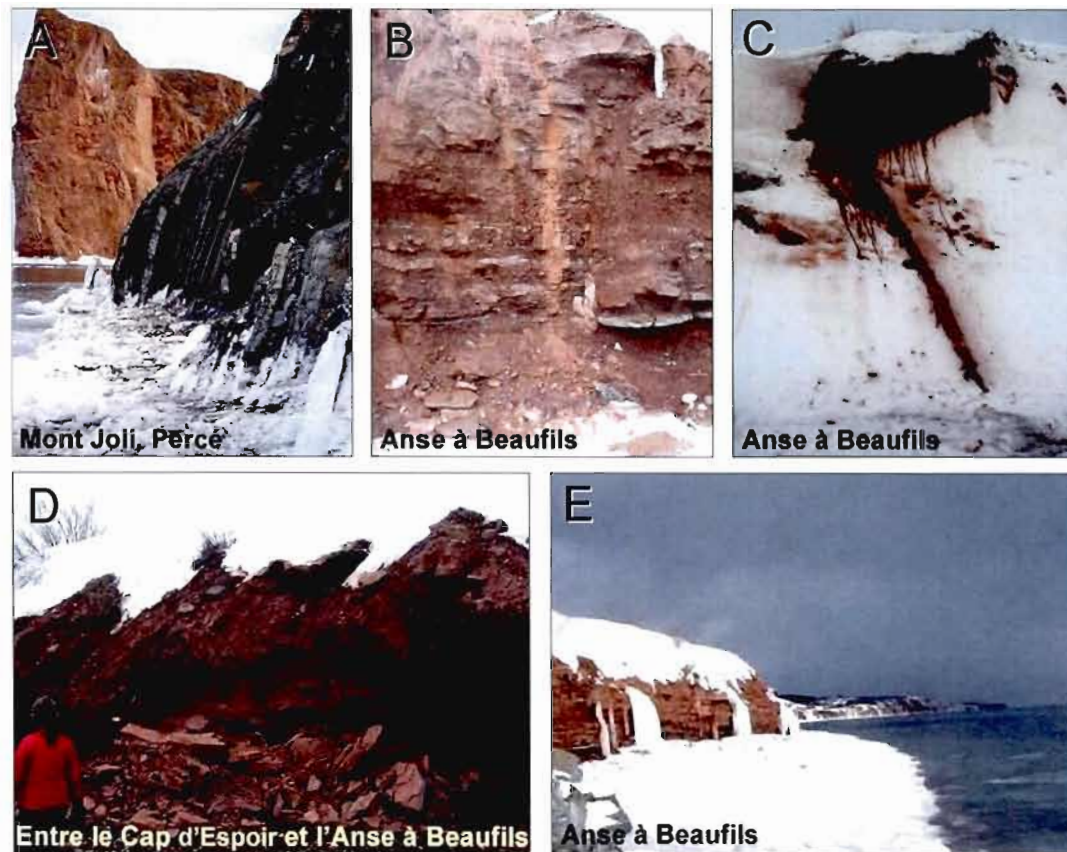


Figure 3.4 : Processus actifs sur les côtes en hiver

En A, gélifraction sur le pied de glace. En B, écoulements hivernaux entre les couches rocheuses. En C, coulée boueuse. En D, éboulements de surplombs en hiver malgré la présence d'un pied de glace et en E le pied de glace et des cônes de glace. © SD

Les températures mesurées dans l'Est du Québec ont subi une hausse au cours du dernier siècle (Jolivet et Bernatchez, 2008). La tendance des températures moyennes à la station de Gaspé présente un réchauffement de $+ 0,77^{\circ}\text{C}$ sur une période de 91 ans ($+ 0,01^{\circ}\text{C/an}$) mais atteint $+ 1,37^{\circ}\text{C}$ ($+ 0,07^{\circ}\text{C/an}$) pour les 20 dernières années (Jolivet et Bernatchez, 2008). En hiver, la hausse est deux fois plus importante (Jolivet et Bernatchez, 2008). De plus, pour la région de Percé, la baisse prévue dans le nombre de jours avec de la glace de mer est de l'ordre de 58 % sous un climat hivernal avec 2°C de plus, soit environ en 2050 (Senneville et Saucier, 2008). Ces éléments auront probablement des conséquences qu'il faudra prendre en compte, d'autant que les modifications sont plus importantes pour les températures hivernales.

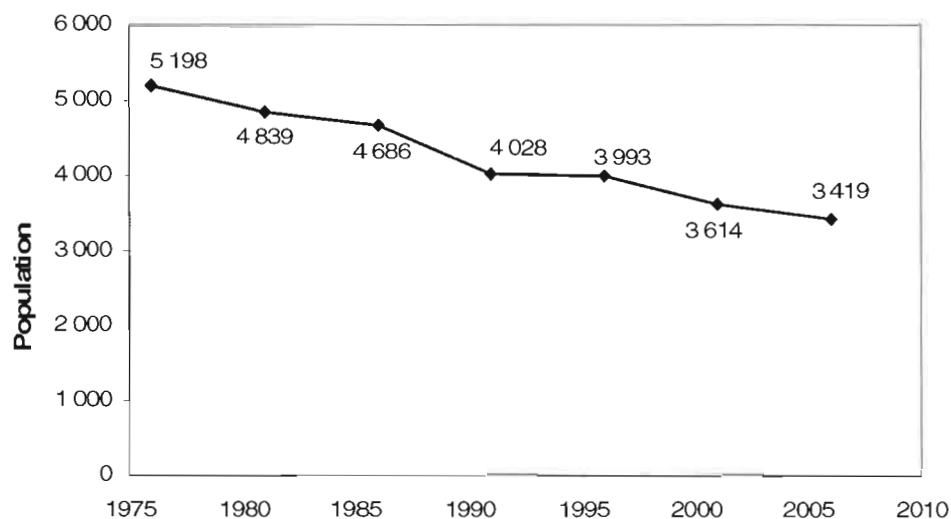
Au Québec, ce sont surtout les vagues de tempêtes et les pluies diluviennes qui affectent les côtes (Frisinger et Bernatchez, 2009), c'est pourquoi il est important de connaître ces paramètres et leur évolution pour le secteur à l'étude :

- La direction dominante des *vents* mesurés pour la région de Percé est d'est d'avril à août, mais d'ouest de septembre à mars (Environnement Canada, 2009). Cependant, les vents de tempêtes sont principalement d'ouest.
- Les *pluies diluviennes* sont caractérisées par une forte abondance de précipitation en un court laps de temps. Ce type de précipitation survient dans le secteur de Percé avec une récurrence moyenne de 1 fois par 1,5 an, mais les événements ayant un impact pour la population ont une période de retour moyenne de 3,1 ans (Friesinger et Bernatchez, 2009 a). Il est important de les prendre en compte étant donné les impacts qu'elles peuvent engendrer sur le milieu naturel et les infrastructures, notamment en pouvant déclencher des mouvements de masse dans les falaises littorales (Bernatchez et Dubois, 2004; Colantoni *et al.*, 2004; Hénaff *et al.*, 2002).

3.2 Contexte humain

3.2.1 Percé : petite municipalité côtière

La population de la municipalité de Percé est de 3 419 habitants (recensement 2006). Ces habitants sont répartis en 6 noyaux de peuplement qui correspondent principalement aux municipalités qui existaient avant la fusion en 1970 entre les municipalités de Saint-Georges-de-Malbaie, Barachois, Bridgeville, Percé, Cap-d'Espoir et Val-d'Espoir. La population de Percé a connu une diminution importante depuis 1971 en perdant plus du tiers de son effectif (figure 3.5). Il s'agit d'une des plus fortes baisses parmi les municipalités du Québec.



source des données : Recensement Canada, 2006

Figure 3.5 : Évolution de la population de Percé

Comme pour le reste de la Gaspésie, il s'agit d'un secteur qui est fortement marqué par la linéarité de l'occupation humaine le long du littoral. Le territoire de la MRC du Rocher-Percé est un territoire où, historiquement et encore actuellement, le développement s'effectue le long du littoral (MRC Rocher-Percé, 2005). Ceci a pour effet que plus des trois quarts de la population de la MRC du Rocher-Percé sont dispersés le long de la route 132 (MRC Rocher Percé, 2005).

Il est important de considérer le caractère particulier que confère le statut d'arrondissement naturel et historique au territoire de Percé (Mongrain, 2006). Les roulottes y sont notamment interdites en dehors des campings, ce qui limite le nombre de constructions anarchiques sur le littoral, constructions qui pourraient éventuellement se transformer en résidences.

3.2.2 Portrait économique

D'un point de vue économique, le portrait que l'on peut dresser de la municipalité de Percé est une petite municipalité avec un important secteur primaire (principalement foresterie et pêches) et tertiaire (principalement lié au tourisme). Le secteur de l'hébergement et des services de restauration occupe près d'un actif sur 6 dans la municipalité, soit 15,4 % (tableau 3.10). Cette forte proportion, très au-dessus de la moyenne provinciale (6,3 %), montre que le tourisme occupe une position économique primordiale pour l'économie de la municipalité de Percé.

Tableau 3.10 : Population active selon le secteur économique d'activité

	Percé	Rocher-Percé (MRC)	Gaspésie- Îles-de-la-Madeleine	Québec
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	18,3	10 7	10 3	2 5
Hébergement et services de restauration	15,4	9 2	7 7	6 3
Commerce de détail	13,1	13 5	12 8	12 0
Fabrication	11,2	14 4	10 8	14 6
Services (administratifs et autres)	8,8	8 3	8 4	8 6
Construction	7,7	6 2	5 7	5 2
Services d'enseignement	6,2	6 7	6 7	6 9
Administrations publiques	5,0	6 4	7 4	6 2
Soins de santé et assistance sociale	4,6	12 6	14 7	11 2
Transport et entreposage	3,5	2 9	4 4	4 6
Autres	6,2	9 1	11 1	21 9

Source des données : Institut de la statistique du Québec - Recensement de 2006
Catégories du Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) de 2002
Pourcentage des actifs de plus de 15 ans.

L'économie est fortement basée sur le *tourisme*, avec notamment le parc national du Québec de l'Île Bonaventure et du Rocher Percé, même si cette activité est marquée par une grande saisonnalité. En effet, le village de Percé est connu et reconnu internationalement pour son rocher, ses paysages magnifiques ainsi que la richesse faunistique de l'île Bonaventure. Le parc reçoit de 300 000 à 500 000 visiteurs par année (MRC du Rocher-Percé, 2005) soit 85 à 150 fois plus que la municipalité ne compte d'habitants. Au sein de la MRC, Percé a

d'ailleurs été désignée comme ayant le rôle de « pôle sectoriel touristique » (MRC Rocher Percé, 2005). Le secteur récréotouristique misant sur la grande nature, l'aventure, la culture et le tourisme de santé est d'ailleurs un créneau défini comme leader par le gouvernement du Québec dans le cadre de son programme ACCORD (2002, 2003). Cela signifie que le gouvernement, qui a chapeauté le programme ACCORD, juge qu'il s'agit d'un créneau dans lequel la région est en mesure de jouer un rôle de leader nord-américain ou mondial. Les retombées du tourisme estival sont donc très importantes pour la municipalité.

Cependant, la MRC du Rocher-Percé est la 2^{ème} MRC la plus pauvre du Québec. Cela ne lui donne donc que peu de ressources pour répondre aux différentes tâches qui lui sont déléguées en matière d'aménagement côtier, et ce malgré la longueur du trait de côte dont elle a la charge et les enjeux importants auxquels elle fait face.

3.2.3 Activités le long de la côte

Dans la région de Percé, l'occupation du territoire côtier se répartit principalement entre un usage lié aux voies de communication (34 % du linéaire côtier), aux secteurs résidentiel (8 %), commercial (4 %) ainsi qu'à la villégiature (2 %) (figure 3.6). L'importance des voies de communication dans le secteur côtier vient de la proximité de la route 132 avec la ligne de rivage ainsi que de la présence de la voie ferrée sur la flèche littorale de Barachois. Les zones résidentielles sont principalement reliées à l'installation des noyaux villageois autour des ports et donc le long de la mer. Mentionnons aussi que 35 % de la façade maritime est encore naturelle et que 49 % n'est pas bâtie (figure 3.6).

Les activités présentes le long de la côte peuvent devenir des enjeux si celles-ci sont touchées par les aléas naturels d'érosion ou de submersion. Il convient donc de bien les documenter afin de mieux saisir les perspectives pour le secteur qui connaît déjà actuellement plusieurs problématiques côtières.

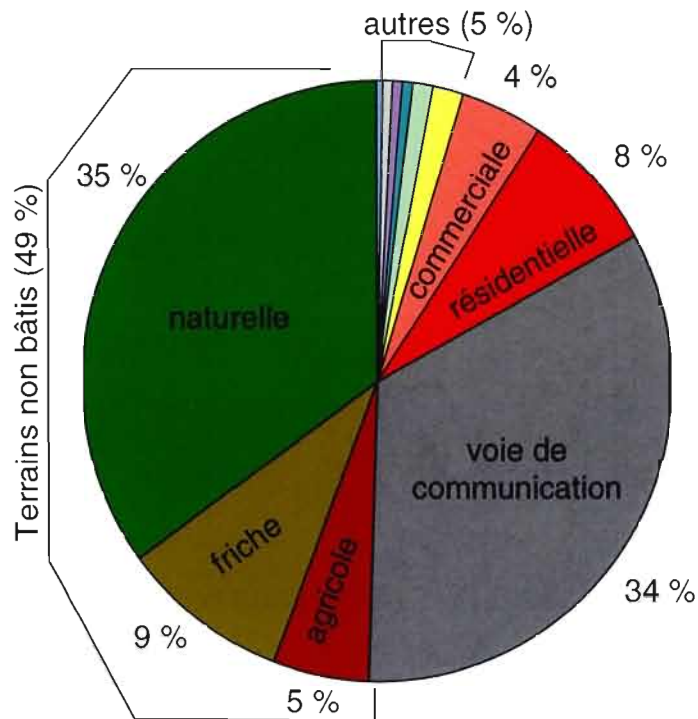


Figure 3.6 : Occupation du territoire côtier à Percé
Est recensée l'occupation la plus proche de la côte. Par exemple, même si des résidences sont construites en arrière d'une route, la zone sera classée « voie de communication ».

▪ Transports

La route 132, comme seul lien régional, est primordiale pour la municipalité mais aussi pour la région. Cette route constitue l'artère principale des localités ainsi que le lien privilégié avec les régions limitrophes. La route nationale 132 longe le littoral sur la majeure partie de son parcours gaspésien, ce qui la rend plus proche des zones à risque. Plus de 9 km de côtes sont d'abord occupés par cette voie qui représente 40 % des voies de communication que l'on retrouve dans la zone littorale (tableau 3.11). En plusieurs endroits, elle est à une distance inférieure à 10 mètres de la ligne de rivage. Depuis son prolongement jusqu'à Percé, en 1929, cette voie a également permis l'essor du tourisme régional.

Tableau 3.11 : Répartition du type de voies de communication dans la zone côtière de Percé

Type de voie de communication	Longueur	
	m	%
Route 132	9 350	40,2
Route locale	2 505	10,8
Route locale non pavée	3 947	17,0
Voie ferrée	7 448	32,0
TOTAL	23 250	100

La voie ferrée construite en 1911 emprunte, elle aussi, de grandes portions de côte, notamment sur la flèche littorale du Barachois (figure 3.7). Elle permet à un train de passagers (le « Chaleurs ») ainsi qu'aux trains de marchandises de desservir Percé et Gaspé car il n'y a pas de voie ferrée sur la rive nord. Selon Shaw *et al.* (1998), ce tronçon est menacé par la submersion et aussi par la migration de la flèche. Les auteurs classifient ce tronçon comme étant très sensible à la hausse du niveau marin relatif (comme 3 % des côtes canadiennes; Shaw *et al.*, 1998).



Figure 3.7 : La voie ferrée sur la flèche du Barachois : un enjeu majeur

▪ Infrastructures résidentielles

Les zones résidentielles occupent 8 % des côtes (figure 3.6), mais elles sont également très souvent présentes immédiatement en arrière de la route 132 dans les secteurs où celle-ci longe le littoral. En 2001, 421 bâtiments se situaient à moins de 100 mètres de la ligne de rivage (tableau 3.12). Si l'on regarde quels sont les types de côtes qui semblent les plus

attractifs, on remarque qu'il y a près de 4 fois plus de bâtiments en bordure des côtes à terrasses de plage que des falaises rocheuses (en fonction de la longueur) (tableau 3.12). Les noyaux villageois sont principalement installés dans les zones les plus accessibles, c'est-à-dire les terrasses de plage, car ils proviennent historiquement d'anciennes installations de pêche. Cependant, l'on sait maintenant que ce sont les zones soumises aux plus forts risques d'érosion et de submersion.

Tableau 3.12 : Répartition des bâtiments à moins de 100 m du trait de côte selon le type de côte

	Nombre de bâtiments	Longueur de côte (km)	Bâtiments par km de côte
Falaise	258	38,9	6,6
Terrasse de place	160	6,1	26,2
TOTAL	418	45,0	9,3

Le haut taux de développement (maisons et chalets) du littoral de la baie des Chaleurs fait que la région va être affectée par des problématiques majeures à l'avenir bien que, physiquement, la côte ne soit seulement considérée que modérément sensible à la hausse du niveau marin (Shaw *et al.*, 1998). La municipalité de Percé s'inscrit, elle aussi, dans ce contexte.

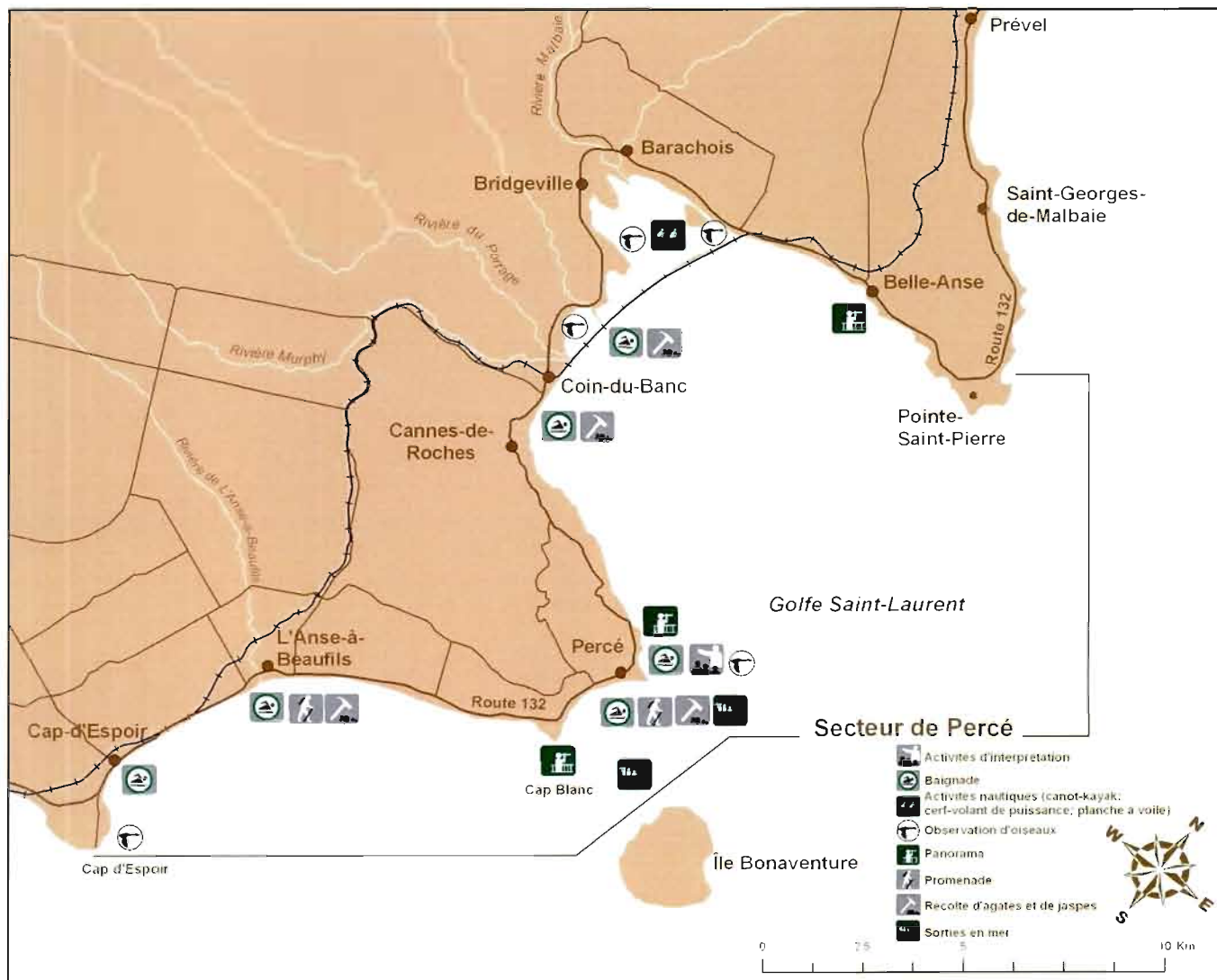
- *Villégiature*

Les zones de villégiatures sont occupées par des chalets ou des résidences secondaires. Elles occupent seulement 2 % des côtes à Percé puisque les touristes logent plutôt dans les nombreux hôtels et motels.

- *Activités récréatives*

Plusieurs activités récréatives sont pratiquées le long de la côte de Percé (carte 3.8). On compte notamment la cueillette de mollusques (myes, coques), la détente sur les plages, la baignade, la randonnée pédestre, la randonnée cyclable, la récolte d'agates et de jaspes. Ces activités sont pratiquées aussi bien par la population locale que par les touristes de passage.

Carte 3.8 : Activités côtières et maritimes de la région de Percé (2007)



▪ *Infrastructures économiques*

Les infrastructures économiques comprennent les infrastructures liées à l'activité touristique qui sont très importantes pour la région. Celles-ci sont souvent construites en bordure de l'eau afin de profiter de l'attrait que la vue peut exercer sur les touristes. Ainsi, sur le territoire d'étude, 2,5 km de côtes sont occupés par ces infrastructures à haute valeur (tableau 3.13).

Tableau 3.13 : Longueur des côtes occupées par les infrastructures touristiques

Type d'infrastructure touristique	Longueur	
	m	%
Hébergements	1 629	62,8
Hébergement et commerce	85	3,3
Hébergement et restauration	93	3,6
Restauration	140	5,4
Camping	647	25,0
TOTAL	2 595	100

▪ *Activités portuaires*

Les 3 ports du secteur (L'Anse-à-Beaufils, Percé et Belle-Anse) sont non seulement la base de l'économie des pêches du secteur mais aussi celle des activités touristiques. Ces infrastructures sont donc importantes pour la municipalité.

▪ *Infrastructures patrimoniales*

D'après l'Office québécois de la langue française (2008), le patrimoine et plus particulièrement le patrimoine historique fait référence « à l'ensemble des richesses d'ordre culturel appartenant à une communauté et transmissibles d'une génération à une autre ». Dans la zone d'étude, cela comprend principalement des sites domestiques et des sites maritimes (Rioux-Pin, 2008). Certains sont classés et d'autres non. Parmi les sites maritimes, on retrouve par exemple les entrepôts de la compagnie de pêche Robin, servant de postes d'accueil pour le parc de la Sepaq ou le phare du Cap Blanc. Les sites domestiques quant à eux sont des exemples de maisons historiques qui ont pu être préservés jusqu'à nos jours.

Deux sites côtiers sont classés dans le Répertoire des lieux patrimoniaux du Canada (2009) à savoir la Villa Frederick James et la Maison Briard dans le centre du village de Percé (figure 3.8). Ce répertoire inventorie également l'ensemble de l'arrondissement naturel de Percé pour son intérêt historique important. L'inventaire réalisé par Pichat et Patsy (1998) dans le cadre du Plan directeur du patrimoine de la Gaspésie comprend les deux maisons précédemment classées mais y ajoute également la Résidence Plourde (Anse-à-Beaufils). Toutes les infrastructures patrimoniales ne bénéficient donc pas d'une protection.



Figure 3.8 : Exemple de patrimoine domestique : maison ancienne (village de Percé)

CHAPITRE IV

ÉVOLUTION HISTORIQUE DES RISQUES CÔTIERS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE EN LIEN AVEC SA GESTION

Afin de déterminer en quoi l'application de mesures de gestion de la zone côtière a pu influencer l'évolution de l'occupation des terres et les risques côtiers, une étude de l'évolution historique de l'occupation du territoire a été effectuée. L'étude s'est intéressée d'abord au cadre bâti puis aux surfaces non bâties et, finalement, aux voies de communication.

Au début du 20^{ème} siècle, aucune réglementation n'encadrait les constructions et la délivrance des permis de construction. Au cours de la 2^{ème} moitié du siècle, des lois ont été votées et progressivement appliquées afin d'harmoniser les usages et de limiter les risques pour les populations. Les objectifs de ce chapitre sont donc (a) d'identifier les modifications de l'occupation des terres et les divers éléments qui en sont la source, (b) de cerner quels ont été les effets de la mise en place de lois de gestion des constructions par les MRC et les municipalités et enfin (c) d'analyser l'évolution des risques côtiers pour le territoire.

4.1 Évolution du cadre bâti

Les objectifs concernant l'évolution du cadre bâti sont de déterminer l'évolution de l'occupation du sol dans la zone littorale et de voir l'impact des politiques d'aménagement de la zone côtière et plus particulièrement de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables de 1987 et du schéma d'aménagement de 1989 sur l'organisation du territoire et des risques côtiers. L'impact que pourraient avoir d'autres facteurs tels que l'économie ou le contexte historique sur cette évolution sera également considéré.

4.1.1 Évolution générale du nombre de bâtiments dans la zone littorale

En 2001, le nombre de bâtiments dans la zone littorale de Percé (à moins de 1 km de la ligne de rivage) était de 1 328. Il a subi une hausse entre 1934 et 1963 puis une baisse jusqu'en 1980 puis une nouvelle hausse jusqu'à nos jours. Le nombre de bâtiments n'a toutefois pas atteint le niveau de 1963 (figure 4.1). La différence entre le dénombrement des recensements de Statistique Canada et celui obtenu par photo-interprétation est due à la différence de territoire couvert (toute la municipalité *versus* la seule zone littorale). Mais les tendances d'évolution du nombre de bâtiments sont similairement à la hausse depuis les années 80 (par photo-interprétation ou avec les recensements de Statistique Canada). Entre 1980/81 et 2001, le nombre de bâtiments a augmenté entre 13 et 14 % (respectivement par photo-interprétation et d'après les recensements).

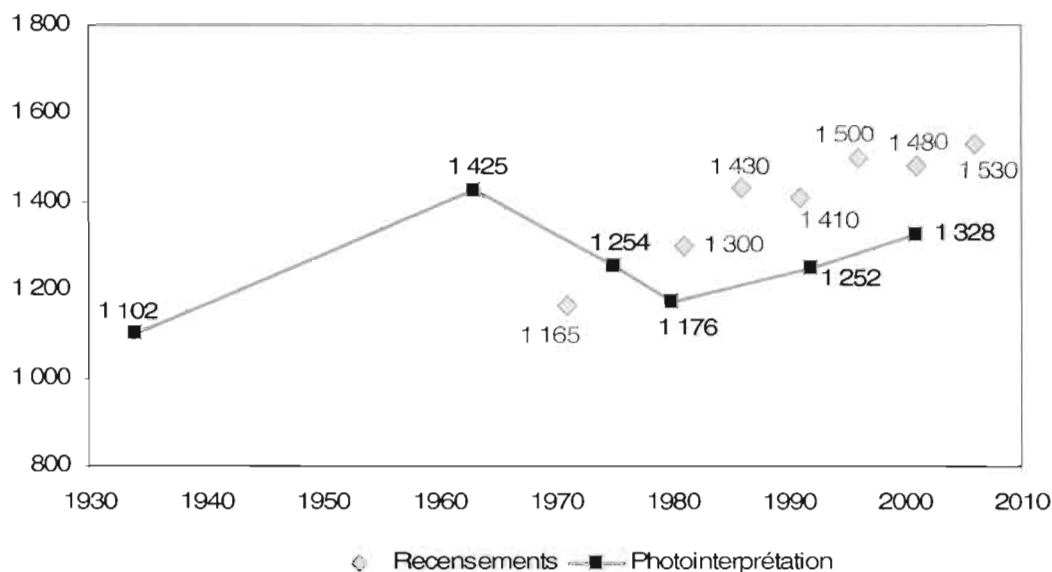
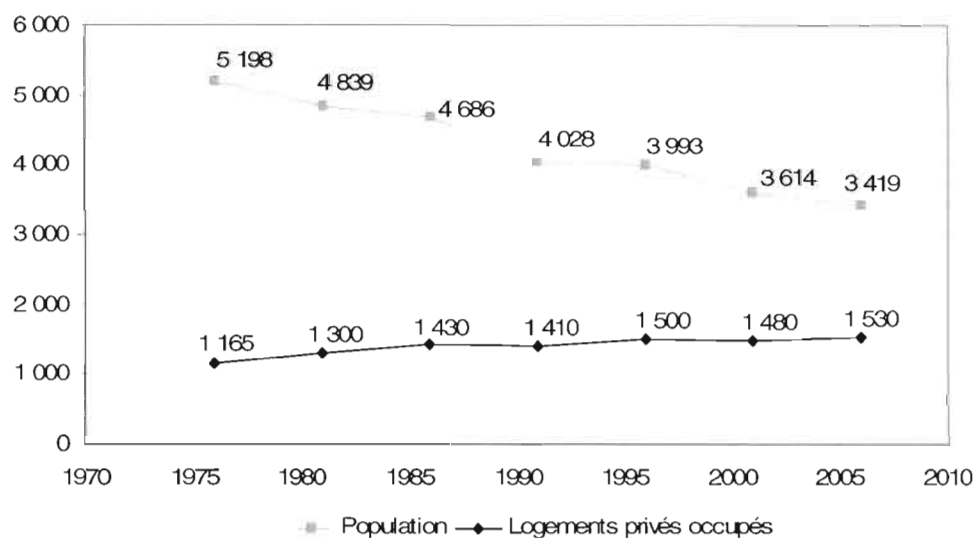


Figure 4.1 : Nombre de bâtiments obtenu par photo-interprétation et nombre de logements privés occupés d'après les recensements

Cette hausse contraste cependant avec la tendance à la baisse de la population de la municipalité qui a perdu 29 % de sa population entre 1981 et 2006 (figure 4.2).



source des données : Recensement Canada, 2006

Figure 4.2 : Évolution de la population et du nombre de logements privés occupés à Percé

Bien que la côte soit principalement constituée de falaises rocheuses, les terrasses de plage accueillent plus de 4,7 fois plus de population par kilomètre de côte (figure 4.3). Cependant, on constate que le nombre de bâtiments proches des falaises a été multiplié par 2 depuis 1934.

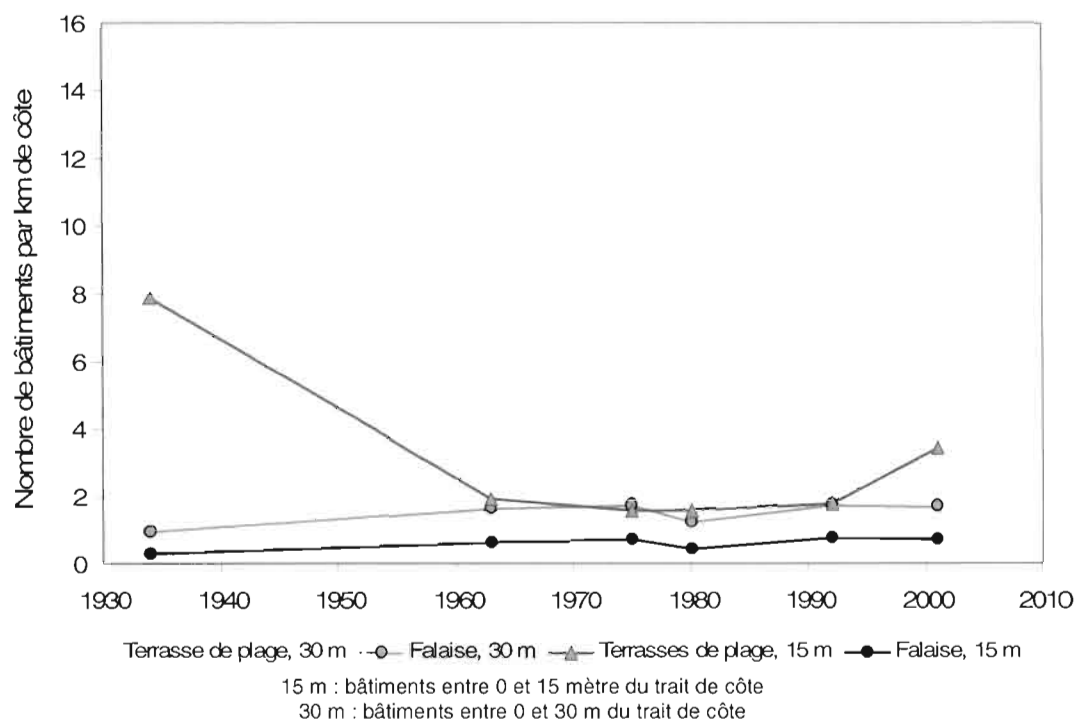


Figure 4.3 : Évolution du nombre de bâtiments par kilomètre de côte en fonction du type de côte

4.1.2 Nombre de bâtiments à risque et normes de gestion de la côte

Deux catégories d'infrastructures sont considérées comme « à risque » soit celles qui sont situées entre 0 et 15 mètres de la ligne de rivage ainsi que celles situées entre 0 et 30 mètres. Ces deux distances à la côte peuvent, de manière réaliste, correspondre à 50 ans d'érosion dans le secteur de Percé. En 2001, le nombre de bâtiments à risque selon le scénario probable s'établissait, en effet, quelque part entre le nombre de bâtiments à moins de 15 m et celui à moins de 30 m (figure 4.4). Le nombre de bâtiments qui est à risque probable d'érosion se situe donc quelque part entre les deux marges selon la configuration et la

dynamique propre à chaque secteur. Étant donné qu'il n'existe pas de donnée de scénario probable pour les années antérieures, les deux marges (15 et 30 m) ont été considérées comme le meilleur moyen d'obtenir une estimation fiable du nombre de bâtiments à risque d'érosion pour notre analyse de l'évolution historique des infrastructures à risque.

Le nombre de bâtiments à risque connaît une augmentation nette depuis les années 1980, soit une augmentation de 35 unités pour ceux situés à moins de 15 mètres de la ligne de rivage et une hausse de 44 unités pour ceux situés à moins de 30 mètres (figure 4.4).

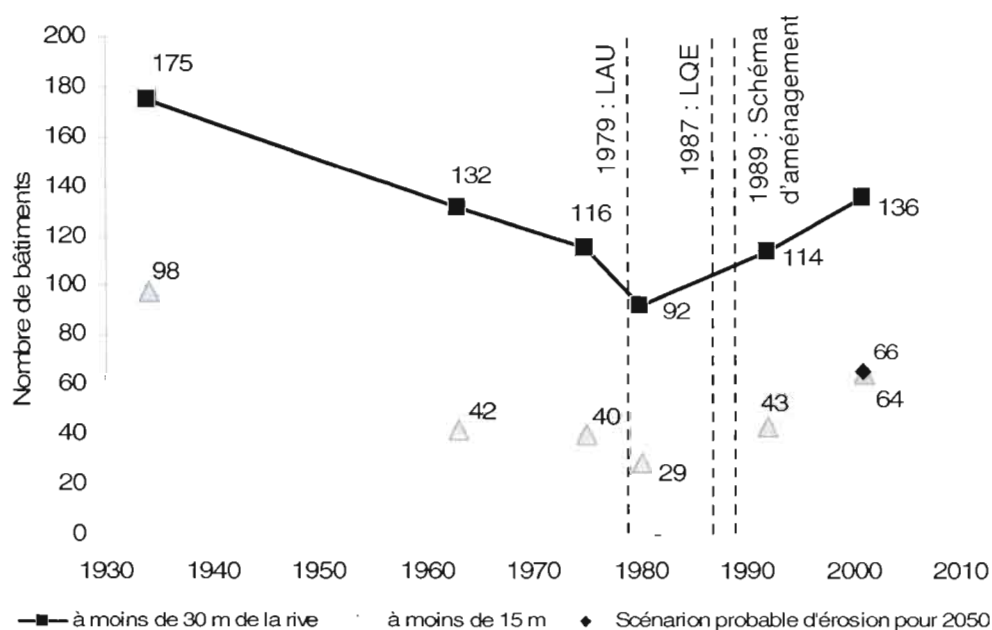


Figure 4.4 : Nombre de bâtiments à risque d'érosion selon leur distance à la côte

Au Québec, les éléments de réglementations régissant les risques naturels sont entrés en vigueur en 1979 avec la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (LAU)* puis, concernant l'aménagement des littoraux, ont été complétés en 1987 par le biais de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* dans le cadre de la *Loi sur la qualité de l'environnement (LQE)* (figure 4.5). La *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme* évoque cette compétence dans son article 5.4 : « Le schéma d'aménagement et de développement doit, à l'égard du territoire de la municipalité régionale de comté : déterminer toute zone où l'occupation du sol est soumise à des *contraintes particulières pour des raisons de sécurité*

publique, telle une zone d'inondation, *d'érosion*, de glissement de terrain ou d'autre cataclysme, ou pour des raisons de protection environnementale des rives, du littoral et des plaines inondables; » (LAU, Section II, 5.4, 1979). Puis, la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables ajoute qu'il est « *interdit l'utilisation des rives et du littoral des lacs et des cours d'eau pour réaliser des constructions*, des ouvrages ou des travaux. » (MDDEP, 2009). Dans la MRC du Rocher-Percé, les recommandations de ces deux lois ont été appliquées en 1989 par la mise en place du schéma d'aménagement. La MRC du Rocher-Percé utilise de manière stricte les marges prescrites par la LQE lorsqu'il s'agit de déterminer les zones à risque, étant donné qu'elle ne dispose pas de moyens financiers ou techniques pour réaliser d'autres études de risque qui permettraient d'identifier toutes les zones soumises à des contraintes.

Récapitulatif des lois d'aménagement

1979 : Loi sur l'aménagement et l'urbanisme

- Instauration des schémas d'aménagement (responsabilité des MRC)
- Identification des zones où l'occupation du sol est soumise à des contraintes

1987 : Loi sur la qualité de l'environnement

Inclus la *Politique de protection des rives, des berges et des plaines inondables*

- Objectif principal : protection environnementale de l'écotone
 - Objectif secondaire : assurer la sécurité des personnes et des biens
 - Bandes de 10 ou 15 mètres à compter de la limite des hautes eaux
- Modifiée en 1991, 1996, 2005 et 2008

1989 : Entrée en vigueur du 1^{er} schéma d'aménagement de la MRC du Rocher-Percé (anciennement MRC de Pabok).

- Applique la LQE avec une marge variant de 10 à 15 m.
- Répond ainsi aux objectifs de la LAU en ce qui a trait aux zones soumises à contrainte.

2001 : Loi sur la sécurité civile

- Création des schémas de sécurité civile (responsabilité des MRC).

Figure 4.5 : Récapitulatif chronologique des lois d'aménagement (Québec)

Alors que ces deux lois (LAU et LQE) doivent permettre de limiter les risques naturels pour les populations du Québec et plus particulièrement dans les zones littorales, on peut constater une hausse du nombre et du pourcentage de bâtiments à risque en zone littorale depuis ces années-là (figures 4.4 et 4.6).

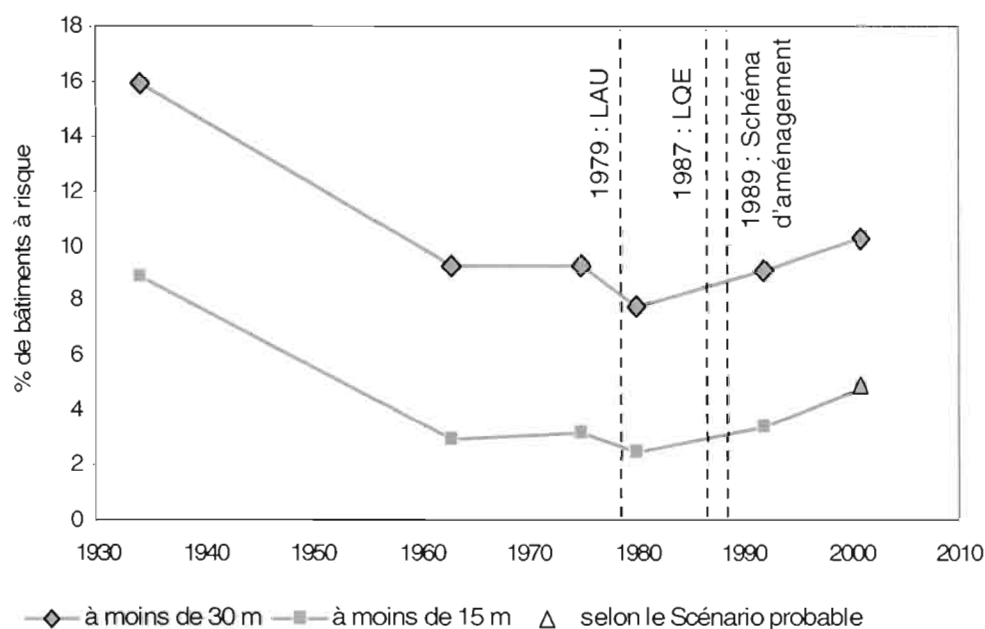


Figure 4.6 : Évolution de la proportion de bâtiments à risque parmi ceux de la zone littorale

L'application de ces lois ne semble donc pas avoir permis de limiter ou de stabiliser les constructions dans des secteurs probablement à risque; à contrario, elles ont même augmenté depuis. Cette tendance à la hausse peut être liée à la conjoncture qui favorise la proximité de l'eau pour des raisons de bien-être personnel (paysage, activités littorales, cadre de vie). Mais cela soulève un problème de gouvernance puisque les lois, qui ont été mises en place au bon moment, n'ont pas joué leur rôle de protection de la population et des biens ni du milieu naturel. Alors même que la hausse du nombre de bâtiments dans la zone littorale est seulement de 13 % entre 1980 et 2001, le nombre de bâtiments dans les 15 premiers mètres de la zone à risque augmente de 133,3 % (tableau 4.1). La tendance à la hausse est donc plus forte lorsqu'on se rapproche du trait de côte.

Tableau 4.1 : Évolution du nombre de bâtiments proches du trait de côte

Distance des bâtiments avec la côte	Évolution entre 1980 et 2001 (%)
entre 0 et 15 m	+ 133,3
entre 0 et 30 m	+ 51,2

Dans le cadre de l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement, 71,6 % de notre zone d'étude devrait posséder une marge inconstructible d'au moins 15 mètres (annexe 4). Il est donc possible de s'interroger sur l'origine des 21 nouveaux bâtiments qui viennent s'ajouter, entre 1992 et 2001, aux 43 qui étaient déjà à risque à moins de 15 mètres de la ligne de rivage (figure 4.4).

4.1.3 Évolution du type de bâtiments

La forte baisse à la fois de la proportion de bâtiments à risque ainsi que de leur nombre entre 1934 et 2001 peut paraître surprenante. Des analyses complémentaires des types de bâtiments ont donc été effectuées pour deux secteurs (village de Percé et Cap-d'Espoir) afin d'identifier, en plus du nombre, la vocation et le type de bâtiment (tableau 4.2 et 4.3).

Tableau 4.2 : Type et vocation des bâtiments pour le secteur de Cap-d'Espoir

1934 - Cap d'Espoir	Type et vocation des bâtiments	tout le secteur	à moins de 30 m	à moins de 15 m
	activité liée à la pêche	5	3	1
	entrepôt/grange/hangar	27	8	6
	habitation	35	2	1
	TOTAL	67	13	8
2001 - Cap d'Espoir	Type et vocation des bâtiments	tout le secteur	à moins de 30 m	à moins de 15m
	activité lié à la pêche	-	-	-
	entrepôt/grange/hangar	16	2	2
	habitation	48	7	2
	chalet	2	2	1
	commerce	1	-	-
	halte routière	1	1	1
	TOTAL	68	12	6

Tableau 4.3 : Utilisation des bâtiments pour le secteur du village de Percé

1934 - Village de Percé	Type et vocation des bâtiments	tout le secteur	à moins de 30 m	à moins de 15 m
	activité lié à la pêche	16	8	5
	entrepôt/grange/hangar	18	3	2
	habitation	100	10	4
	église	1	-	-
	phare	1	1	-
	gros bâtiment indéterminé	7	-	-
	petit bâtiment indéterminé	17	8	6
	TOTAL	160	30	17
2001 - Village de Percé	Type et vocation des bâtiments	tout le secteur	à moins de 30 m	à moins de 15 m
	activité lié à la pêche	-	-	-
	entrepôt/grange/hangar	9	-	-
	habitation	172	11	3
	église	1	-	-
	phare	1	1	-
	commerce	24	1	1
	école	3	-	-
	motel/hotel/hébergement /camping	101	30	15
	site historique de pêche	4	1	1
	service public	7	-	-
	bar	2	1	-
	restaurant	11	2	1
	garage municipal	3	1	-
	maison mobile	11	-	-
	autre	2	1	-
	gros bâtiment indéterminé	-	-	-
	petit bâtiment indéterminé	11	-	-
	TOTAL	362	49	21

Ces analyses révèlent une différence notable dans les usages des bâtiments. En 1934, les bâtiments côtiers comprennent plutôt des résidences ainsi qu'un grand nombre de bâtiments reliés à la pêche ou des hangars/entrepôts/granges alors qu'aujourd'hui, ces bâtiments utilitaires à faible valeur et ces cabanes qui semblent vétustes ont complètement disparu (Cap-d'Espoir) (voir tableaux 4.2 et figure 4.7-A). Dans le village de Percé, le même type de bâtiments était présent en 1934 mais en 2001 ils ont eux aussi disparu au profit d'une nouvelle classe de bâtiments, à savoir les établissements d'hébergements pour touristes (motel, hôtel, camping) (voir tableaux 4.3 et figure 4.7-B). Ces derniers représentent d'ailleurs 71 % (à 15 m) et 64 % (à 30 m) des bâtiments à risque du secteur. Les bâtiments actuels ont une valeur ajoutée plus importante que ceux des années 30 à cause des retombées économiques qu'ils procurent à la communauté. Le type de construction a évolué au cours du 20^{ème} siècle. Ils sont également plus vulnérables aux risques côtiers notamment car les habitations sont occupées de manière annuelle et non plus seulement durant la période estivale. Ainsi, comme les coûts des bâtiments et leur vulnérabilité ne sont plus les mêmes en 2001 par rapport à ce qu'ils étaient en 1934, les risques inhérents sont également différents.

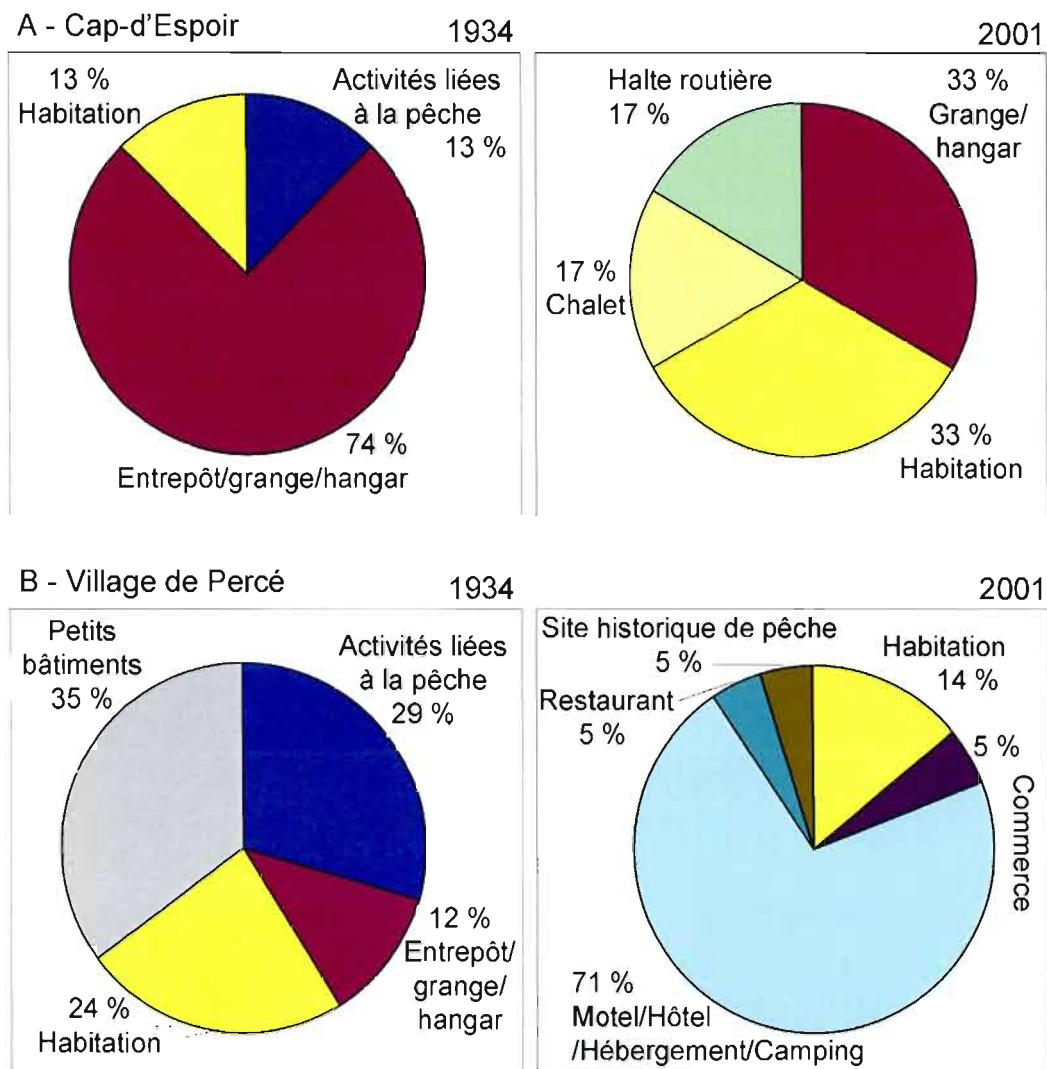


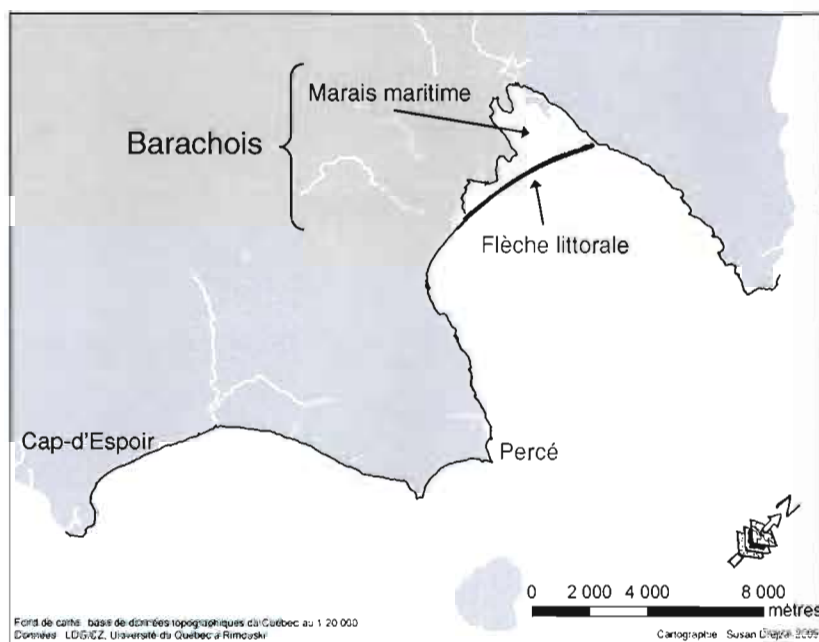
Figure 4.7 : Type de bâtiments à moins de 15 m du trait de côte

La baisse dans le nombre de bâtiments à risque côtier ressentie principalement entre 1934 et 1963 puis plus faiblement entre 1963 et 1981 correspond donc probablement au démantèlement des anciens types de bâtiments. La hausse qui suit viendrait de la construction du nouveau type de bâtiments tels que les établissements d'hébergements touristiques, les commerces ou les restaurants. Le « creux » correspondrait ainsi à la transition entre deux types d'activités. Ces variations correspondent à l'évolution historique des activités en Gaspésie, soit une économie basée principalement sur la pêche jusqu'au milieu du siècle puis une baisse de l'activité économique dans les années 80 lors de la transition d'activités et,

enfin, depuis le milieu des années 80 une reprise de l'activité économique grâce au développement important du tourisme. En 1930, plus de 75 % des familles de Percé pratiquent la pêche (Blanchard, 1935), alors qu'en 2001 l'ensemble du secteur primaire n'emploie plus que 19,2 % des actifs (Recensement Canada, 2006).

4.1.4 Exemple du Barachois

L'exemple de l'occupation humaine sur le Barachois de la Malbaie (carte 4.1) est intéressant en ce qui concerne les constructions situées proches de la ligne de rivage et donc dans la zone à risque d'érosion et de submersion.



Carte 4.1 : Localisation du Barachois de la Malbaie (Percé)

Les photographies de 1934 nous permettent d'identifier 34 bâtiments sur la flèche littorale (figure 4.8). Tous sont situés à moins de 30 mètres de la ligne rivage (intérieure ou extérieure du Barachois). Ces constructions, résultant toutes d'un mode de vie traditionnel lié à la pêche (Desjardins *et al.* 1999), se situent très près de la rive et même sur la ligne de rivage ou sur la plage pour certaines d'entre elles. Leur nombre, important en 1934, a connu

une baisse drastique jusqu'en 1963 (figure 4.8 et 4.9). À partir de ce moment, la flèche littorale de Barachois n'a plus abrité aucune construction.

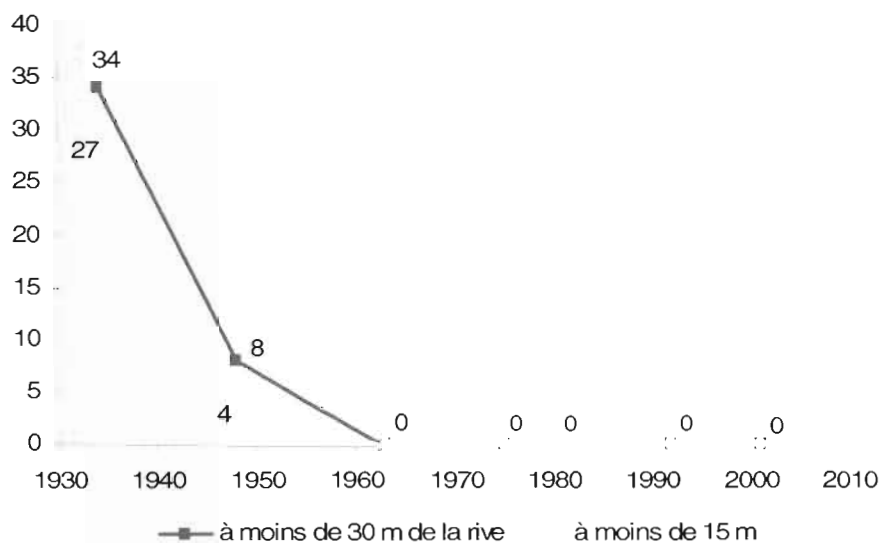


Figure 4.8 : Nombre de bâtiments à risque sur la flèche littorale

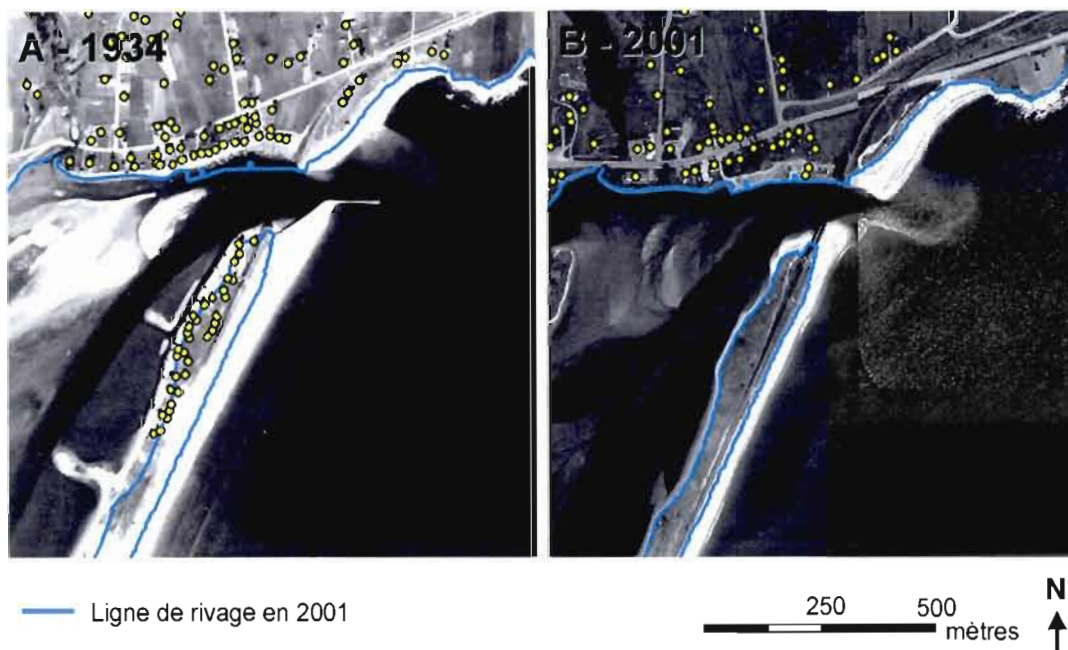


Figure 4.9 : Bâtiments présents sur l'extrémité nord de la flèche littorale

Il est donc possible de se demander si les risques pouvaient être considérés comme importants en 1934, sachant qu'il s'agissait de constructions en bois, souvent déplaçables et sur pilotis comme en attestent les figures 4.10 et 4.11. La nature même de ces constructions, à savoir des habitations temporaires et des hangars en lien avec la pêche, nécessitait leur construction si proche de la ligne de rivage. Le risque était cependant minimisé à cause de la relative faible valeur des bâtiments, leur déplacement aisé, le type de construction (sur pilotis, habitation seulement à l'étage supérieur) et l'absence de réseaux d'eau et d'électricité. Ainsi, les bâtiments de 1934 semblaient mieux adaptés à la dynamique côtière, notamment pour le risque de submersion, que les bâtiments actuels que l'on retrouve souvent sur les flèches littorales de la Gaspésie.



Figure 4.10 : Poste de pêche de Barachois vers 1935



Figure 4.11 : Vue sur la flèche de Barachois (début du 20^{ème} siècle)

4.1.5 Origine des risques côtiers

L'augmentation du nombre de bâtiments à risque ne résulte que très partiellement du déplacement de la ligne de rivage par érosion. En effet, parmi les bâtiments à risque en 2001 seulement 8,7 % le sont devenus à cause d'un rapprochement de la ligne de rivage par érosion (tableau 4.4 et figure 4.12). L'origine du risque en 2001 est principalement qu'ils étaient déjà à risque en 1980 (pour 50,4 % d'entre eux) ou que ce sont de nouvelles constructions (40,9 %). La répartition de l'origine du risque d'érosion reste la même quel que soit le type de côte (figure 4.11).

Tableau 4.4 : Bâtiments à risque en 2001 en fonction de l'origine du risque

	Total	À risque en 1980	Érosion	Nouvelle construction
N	127	64	11	52
%	100	50,4	8,7	40,9

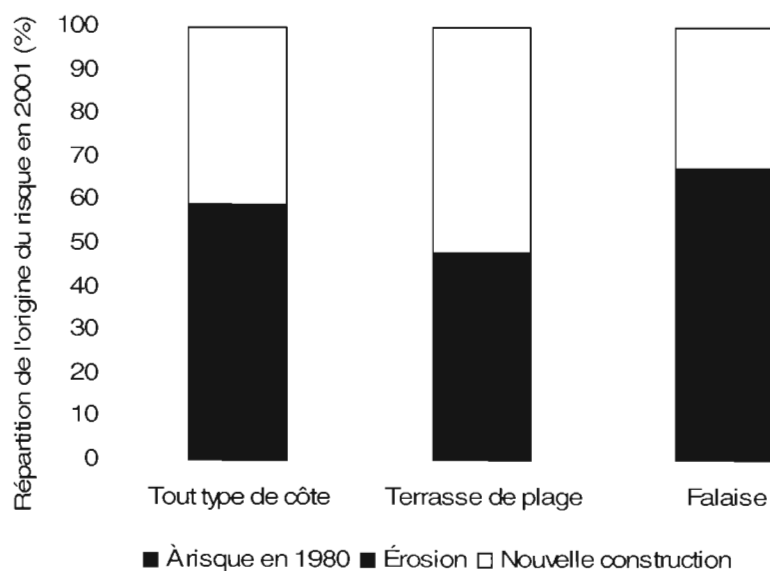


Figure 4.12 : Origine du risque des bâtiments de 2001 en fonction du type de côte

Les bâtiments nouvellement à risque en 2001 par rapport à 1980 sont à plus de 82 % de nouvelles constructions (tableau 4.5 et figure 4.13). Ceci signifie que bien que des lois étaient progressivement mises en place, de nouvelles constructions ont tout de même été réalisées. Celles-ci font désormais partie des constructions potentiellement à risque à Percé.

Tableau 4.5 : Origine du risque d'érosion pour les bâtiments nouvellement à risque (1980-2001)

	<i>Total</i>	<i>Erosion</i>	<i>Nouvelle construction</i>
<i>N</i>	63	11	52
<i>%</i>	100	17,5	82,5

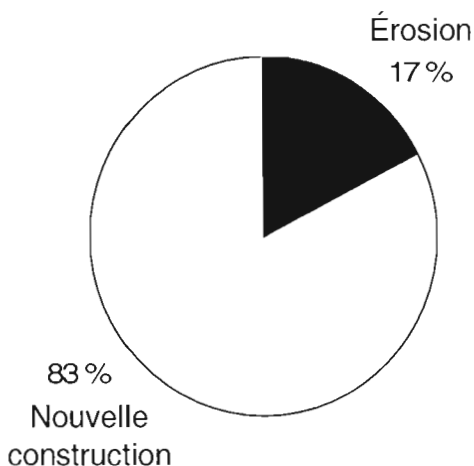


Figure 4.13 : Causes de la hausse du risque pour les bâtiments

Ainsi, si l'on ne tient plus compte des bâtiments destinés spécifiquement à se trouver près de l'eau et adaptés à leur localisation (c'est-à-dire ceux de la flèche du Barachois), le nombre de bâtiments à risque en 1934 est inférieur à celui de 2001 (120 vs. 127) (figure 4.14). De plus, le changement de vocation dans les bâtiments (de temporaire à permanent, de hangar à hôtel) a sûrement entraîné une hausse de la valeur des biens qui sont à risque. La prise en compte du type de bâtiment dans l'analyse du risque est donc très importante afin d'évaluer la vulnérabilité que subissent les communautés côtières ainsi que son évolution historique. Les lois relatives à l'aménagement, et leur mise en application progressive, ne semblent donc pas avoir d'impact surtout comparativement à la volonté de développer le secteur économique du tourisme sur le bord du littoral.

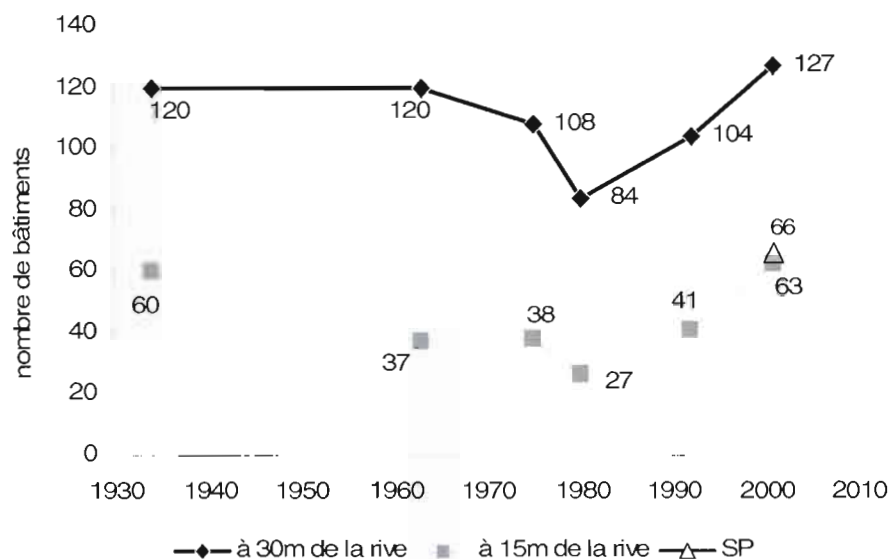


Figure 4.14 : Évolution du nombre de bâtiments à risque excluant ceux de la flèche littorale de Barachois

Les résultats obtenus à la suite de l'analyse de l'évolution du cadre bâti indiquent donc que :

- le nombre de bâtiments à risque a connu une baisse jusqu'en 1980 puis une hausse depuis; l'instauration des nouvelles lois d'aménagement du territoire en 1979, 1987 et 1989 n'a pas empêché cette hausse;
- concernant le type de bâtiments dans les deux secteurs spécifiques, il est possible de constater un changement de vocation; alors qu'en 1934 il s'agissait principalement de bâtiments liés à la pêche et de hangars, en 2001 il y a plutôt des commerces et des bâtiments à vocation touristique ainsi qu'une plus forte proportion d'habitations; le type de bâtiment est important concernant leur vulnérabilité et le niveau de risque associé;
- les nouveaux bâtiments à risque sont très majoritairement de nouvelles constructions et non des bâtiments préexistants qui se retrouvent aujourd'hui trop près de la côte du fait du recul de la ligne de rivage.

Les impacts socio-économiques d'une mauvaise réglementation ou encore de l'absence d'application de la réglementation en vigueur dans les zones côtières sont importants car les bâtiments littoraux sont les plus coûteux et d'usage différent de ceux de la moyenne du territoire.

4.2 Évolution des superficies non bâties

Les objectifs de l'analyse concernant l'évolution des superficies non bâties sont d'observer l'évolution des surfaces dans la zone littorale qu'elles soient boisées, agricoles ou en friche et d'y déceler le reflet de l'évolution des conditions économiques du secteur. Dans une perspective de gestion intégrée des zones côtières, les milieux non bâtis ou naturels peuvent favoriser la résilience des systèmes côtiers, notamment en jouant le rôle de zones tampons lors des événements climatiques extrêmes (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Leur présence en zone littorale est donc primordiale et leur anthropisation aurait pour conséquence de réduire la résilience côtière aux changements climatiques appréhendés et d'augmenter le niveau de risque dans les zones urbanisées ou aménagées adjacentes (Bernatchez *et al.*, 2008 a).

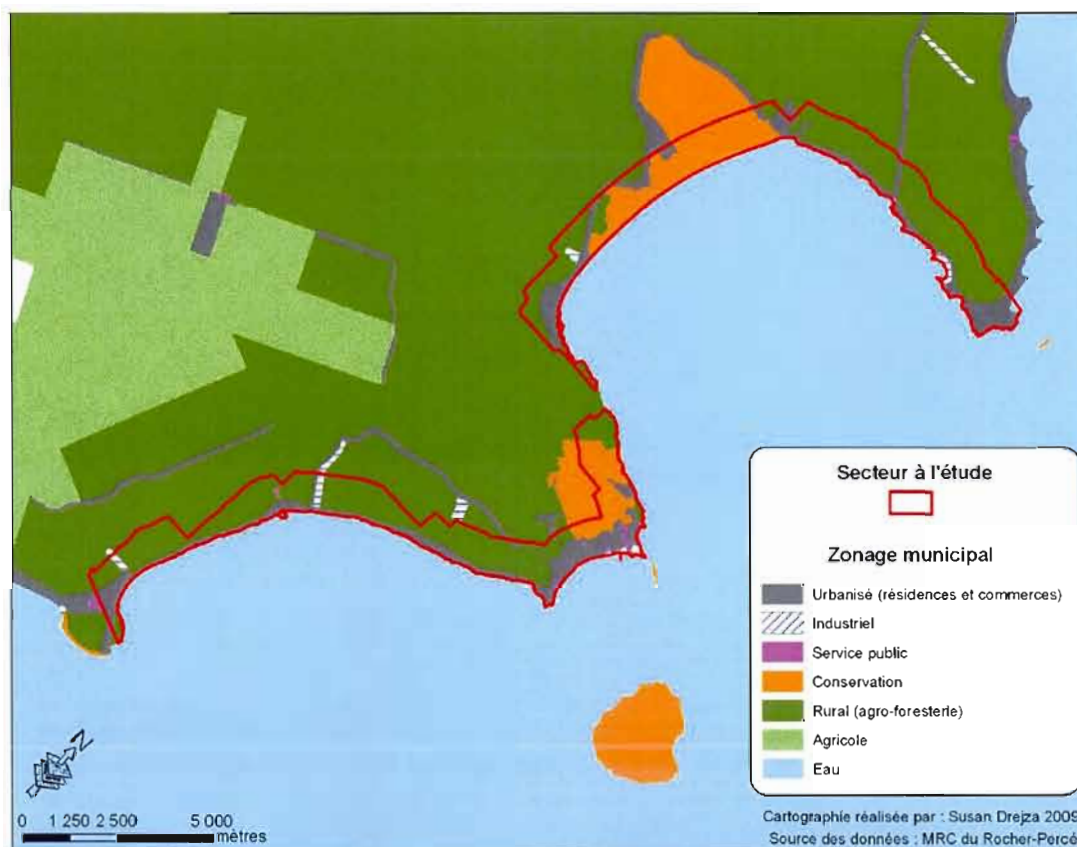
4.2.1 Superficies agricoles

Les superficies agricoles ont subi une baisse importante de 75 % ou 800 ha depuis 1934, passant de 1 061 ha à 260 ha (figure 4.15).



Figure 4.15 : Évolution des superficies agricoles

Ce fait reflète un abandon de terres cultivées depuis le début du siècle dans la région. Actuellement le secteur primaire dans son ensemble ne représente que moins de 20 % des actifs (Recensement Canada, 2006). Au début du siècle, une agriculture qui complétait les revenus des familles de pêcheurs était pratiquée. Cependant, les terres littorales de Percé ne sont pas toujours d'excellente qualité et ont le plus souvent des limitations agronomiques telles qu'une faible fertilité ou un relief inadapté (IRDA, 2009). Ainsi, avec l'évolution et l'amélioration des conditions de vie, cette agriculture moins rentable a été la première à être abandonnée. Cela a pu également être amplifié par l'éloignement. Il est à noter que selon la Loi sur la protection du territoire agricole, à peine 1 % de la bande côtière est zonée comme ayant une affectation agricole (carte 4.2 et figure 4.16).



Carte 4.2 : Occupation des terres prévue au schéma d'aménagement

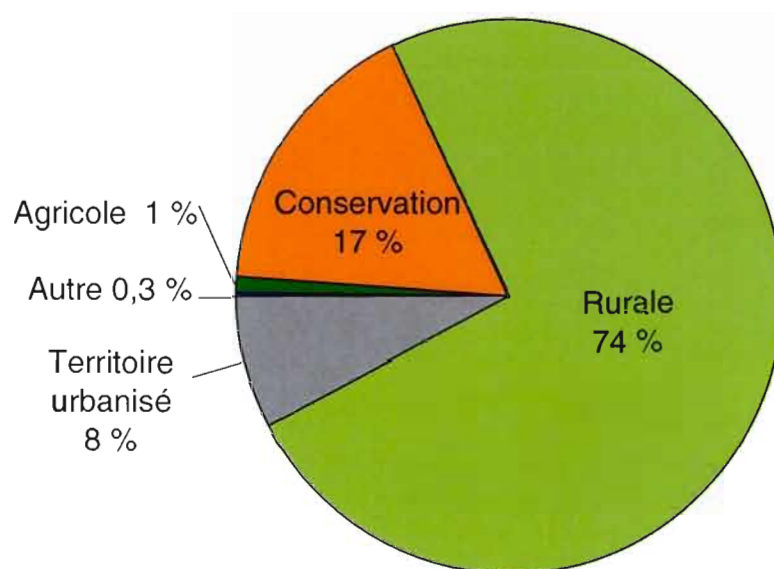


Figure 4.16 : Affectations du sol d'après le schéma d'aménagement de la MRC du Rocher-Percé (vis-à-vis de la surface de la zone côtière)

4.2.2 Boisés

Les surfaces boisées de la zone littorale ont augmenté depuis 1934, passant de 1 143 à 1 504 hectares, gagnant ainsi 361 ha (figure 4.17). On peut supposer que les boisés ont repris de l'importance à la suite de l'abandon des moins bonnes terres agricoles.

4.2.3 Superficies en friche

Tout comme les surfaces boisées, les superficies en friche occupent plus de surface en 2001 par rapport à 1934 en connaissant une augmentation de 395 ha (figure 4.17).

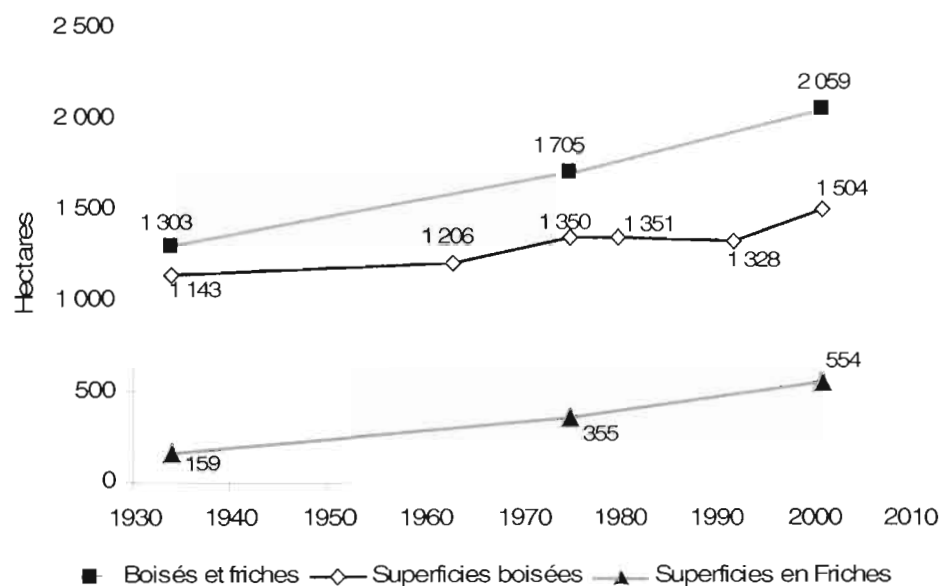


Figure 4.17 : Évolution des superficies non bâties dans la zone littorale (Percé)

4.2.4 Synthèse de l'évolution des superficies non bâties

Au total, les superficies non bâties (boisées, en friche et agricoles) ont perdu 45,1 ha entre 1934 et 2001 (figure 4.18). Cette surface est donc maintenant urbanisée ce qui s'accorde avec l'augmentation du linéaire routier ainsi que du nombre de bâtiments qui ont été mesurés. Les surfaces de friche et boisées prenant la place des terres précédemment agricoles (annexe 5).

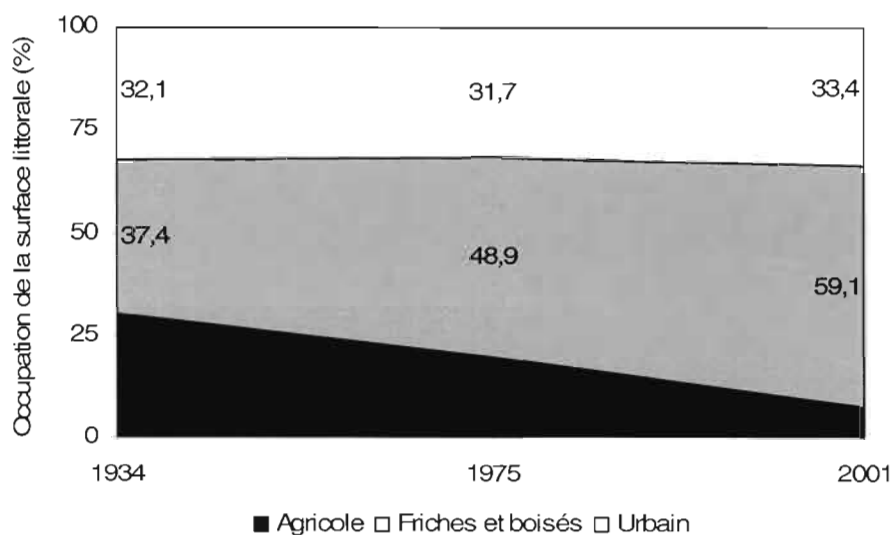


Figure 4.18 : Évolution de l'occupation de la superficie littorale (en %)

4.3 Évolution des voies de communication

Les objectifs concernant les voies de communication sont de cartographier l'évolution des tracés des routes et des voies ferrées sur le territoire côtier, de recenser le déplacement de certains tronçons effectué par le ministère des Transports du Québec (MTQ) ainsi que les raisons de ces déplacements, d'estimer de quelle manière les connaissances scientifiques et traditionnelles ainsi que des lois d'aménagements ont influé sur ces choix et, enfin, d'établir un état actuel des risques menaçant les voies de communication pour la zone côtière de Percé.

Les voies de communication gaspésiennes suivent principalement les implantations humaines et longent donc la côte (figure 4.19). La route nationale qui relie les villages côtiers gaspésiens est la route 132. Le village de Percé a été relié au reste du réseau routier provincial en 1928 (Mongrain, 2006), quant à la voie ferrée, elle a été terminée au milieu du 19^{ème} siècle.

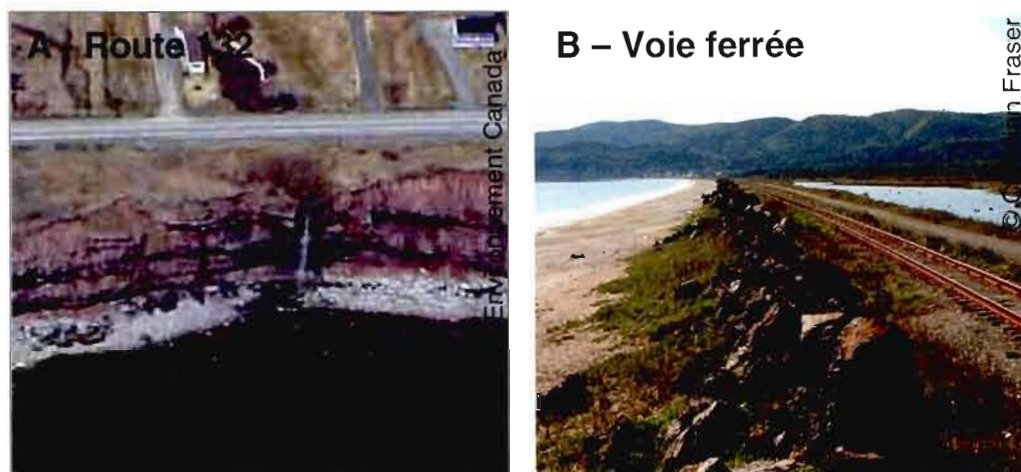


Figure 4.19 : Voies de communication proches du littoral à Percé

Il y a eu de nouvelles constructions de routes dans les années 70, notamment la route 132 qui a été refaite, ce qui a fait augmenter le nombre de kilomètres de routes dans le secteur d'étude (figure 4.20). Ensuite, par l'abandon ou la destruction d'anciens tronçons, la longueur totale des voies de communication a diminué. Cependant, il est à noter que, localement, les anciens tronçons de routes ont pu être relégués au rang de routes municipales. Enfin, de nouvelles constructions ont fait augmenter la longueur totale de voies de communication entre 1934 et 2001. La longueur des voies ferrées a, quant à elle, à peine évolué depuis 1934 passant de 16,9 à 17 kilomètres.

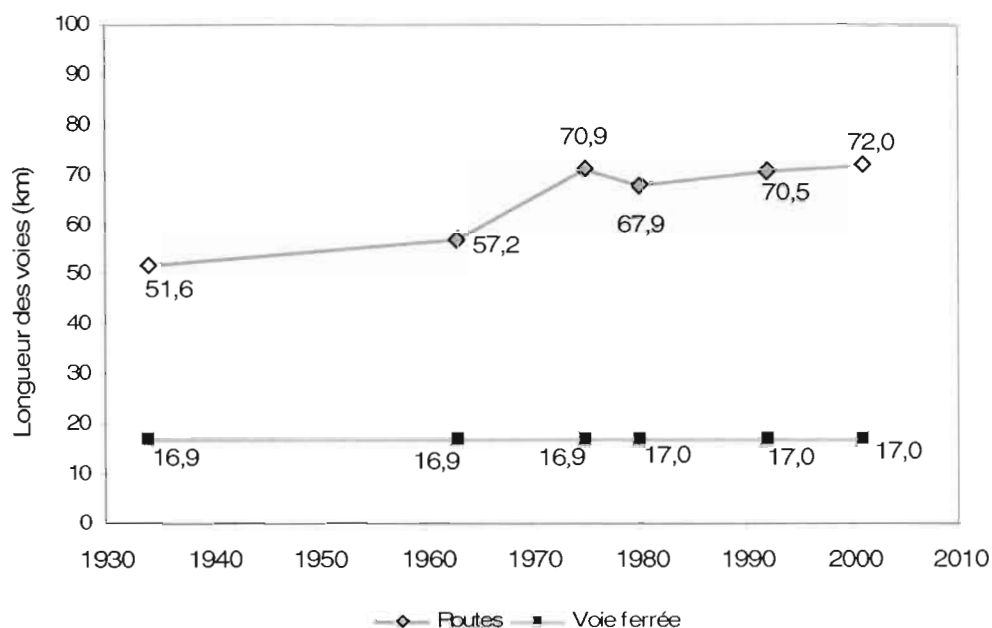


Figure 4.20 : Évolution de la longueur totale des voies de communication (routes et voie ferrée) en zone littorale de Percé

4.3.1 Voies de communication à risque

En 1934 près de 10,3 km de voies de communication se trouvaient dans une zone à risque d'érosion alors qu'en 2001 ce sont plutôt 14,8 km qui sont à risque, soit une hausse de plus de 40 % (figure 4.21 et tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Longueurs de voies à risque d'érosion à Percé (1934-2001)

Année	Longueur (km) à moins de	
	30 m	15 m
1934	10,32	4,33
1963	12,79	5,59
1975	13,07	6,26
1980	13,29	6,90
1992	12,90	6,55
2001	14,75	7,60

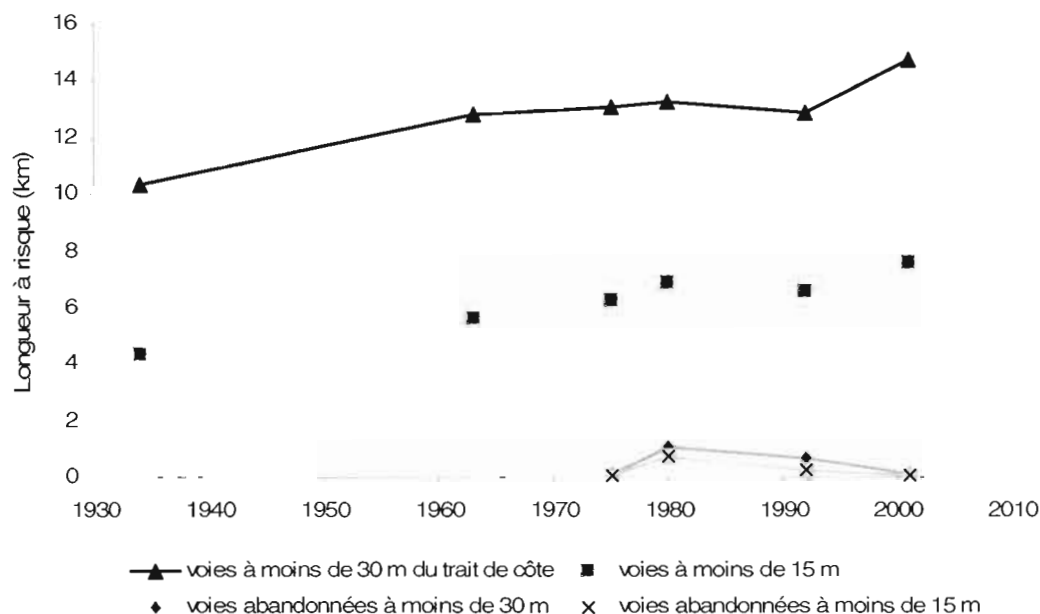


Figure 4.21 : Évolution des longueurs des voies de communication à risque en fonction de la distance à la côte

Alors que la tendance générale est à la hausse, entre 1980 et 1992, il est possible de constater une baisse dans la longueur de voies de communication situées dans des secteurs à risque d'érosion (figure 4.21). Cela reflète le fait que des déplacements de tronçons de routes et de voies ferrées ont été effectués à cette époque par le MTQ et par le propriétaire de la voie ferrée. À partir de 1980, on constate en effet, par photo-interprétation, l'existence de plus de 1 km de voies de communication abandonnées résultant de ces déplacements. Les voies abandonnées disparaîtront du décompte du fait de leur réintégration progressive à la nature qui les masque. À partir de 1992, la longueur de voies à risque a de nouveau augmenté, jusqu'à atteindre plus de 14 km en 2001 (annexe 6).

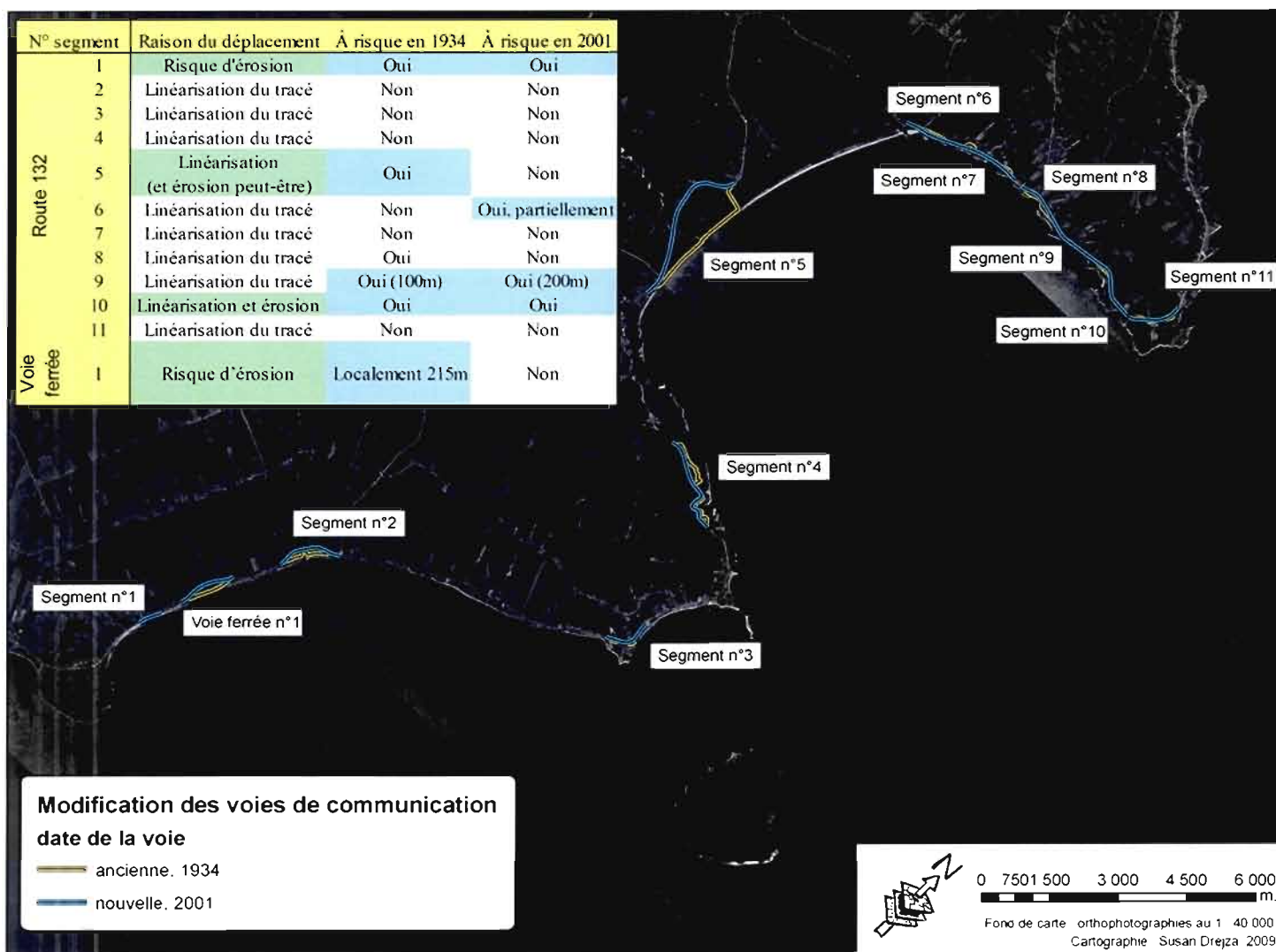
Deux raisons peuvent être avancées relativement à l'augmentation de la longueur des voies de communication à risque :

- rapprochement des voies avec la ligne de rivage à cause de l'érosion;
- constructions ou déplacements de voies de communication effectués trop proches de la ligne de rivage.

4.3.2 Déplacements de voies de communication

La raison des déplacements n'est pas toujours la présence d'érosion en bordure de la route. En effet, la raison principale a été la linéarisation du tracé à des fins de sécurité (pour la vitesse). À l'époque où les travaux ont été effectués, la problématique de l'érosion n'était encore que peu connue; les concepteurs s'attardaient ainsi plutôt à la conception technique et à la géométrie des routes (B. Laflamme, ancien employé du MTQ, comm. pers.). La localisation des tronçons déplacés ainsi que les motifs des déplacements se retrouvent sur la carte 4.3.

Carte 4.3 : Localisation des tronçons déplacés des voies de communication



Plusieurs tronçons de voies de communication ont été déplacés depuis 1934 et il est intéressant de s'attarder sur le cas de certains d'entre eux :

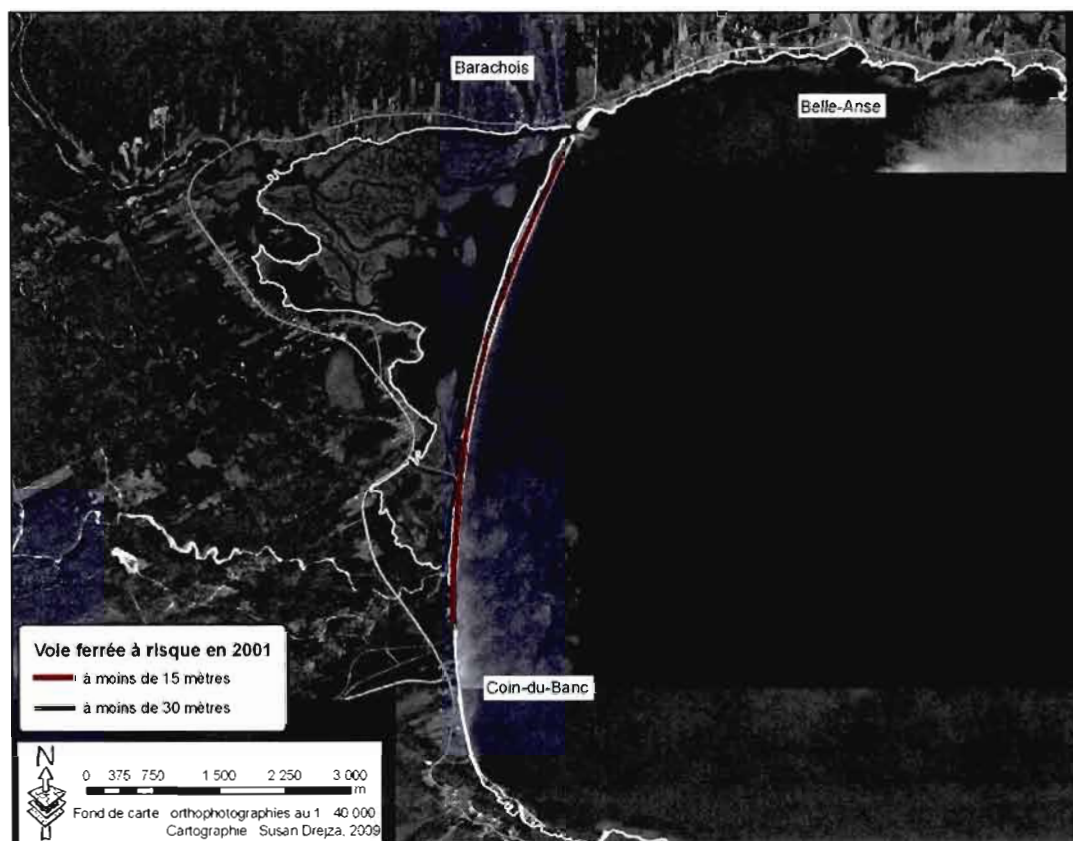
A) **Déplacement de la voie ferrée** entre 1975 et 1980 pour un tronçon de 1,3 km (carte 4.4). La raison invoquée est l'érosion littorale. Le déplacement a été fait à plus de 100 mètres à l'intérieur des terres ce qui fait qu'actuellement la voie n'est plus à risque dans ce secteur. Aujourd'hui le coût médian d'un mètre de voie est de 3 720 \$ (O. Demers, comm. pers.), ce qui dénote qu'un investissement très important a été effectué pour ces travaux.



Carte 4.4 : Localisation du tronçon déplacé de la voie ferrée

Le seul tronçon de voie ferrée qui est toujours à risque actuellement est celui situé sur la flèche du Barachois car, du fait de la faible largeur de la flèche littorale, la voie ferrée se retrouve très près de la ligne de rivage sur tout son parcours (carte 4.5). Une longueur de 5,7 km est à risque en 2001 mais en réalité la voie ferrée est menacée sur une longueur bien

plus grande. Étant donné la configuration du site, un simple retrait n'est pas possible car, si la flèche se perce en un point, c'est toute la voie ferrée et sa localisation qui est remise en cause. Si un déplacement devait être effectué, une nouvelle configuration passant par l'arrière-côte devrait être envisagée. Actuellement, et depuis 1963, la flèche littorale est complètement artificialisée afin de protéger le chemin de fer et éviter un déplacement.



Carte 4.5 : Voie ferrée à risque actuellement

Lors de la construction de la voie ferrée, cette implantation limitait le nombre de ponts à construire (plusieurs rivières se trouvent dans l'arrière-pays) et diminuait ainsi les coûts et les difficultés (moins de vallées à franchir, de ponts à construire, terrain plat...). L'évolution côtière des flèches littorales de sable et leur grand dynamisme (Paskoff, 2003) n'ont pas été pris en compte à l'époque de la construction de la voie ferrée où la facilité de réalisation et les coûts primaient sur la dynamique côtière de toute manière inconnue (O. Demers, comm. pers.).

B) Dans les années 60, la **route 132** a été déplacée à cause de l'érosion dans deux secteurs de la municipalité (Laflamme, comm. pers.). Ceci sur des longueurs de 543 et 392 mètres (respectivement tronçon n° 1 et 10 sur la carte 4.3). Malgré cela, ces deux tronçons sont de nouveau à risque actuellement (carte 4.6, 4.7 et figure 4.22). Ceci peut s'expliquer par une distance de déplacement trop faible (8 à 15 mètres de recul seulement) compte tenu des taux d'érosion observés. Cela dénote un manque de planification à moyen et à long terme ainsi qu'une lacune dans les connaissances des processus qui affectent la côte.



Carte 4.6 : Tronçon n° 10 : route 132 déplacée mais de nouveau à risque (Pointe-Saint-Pierre)

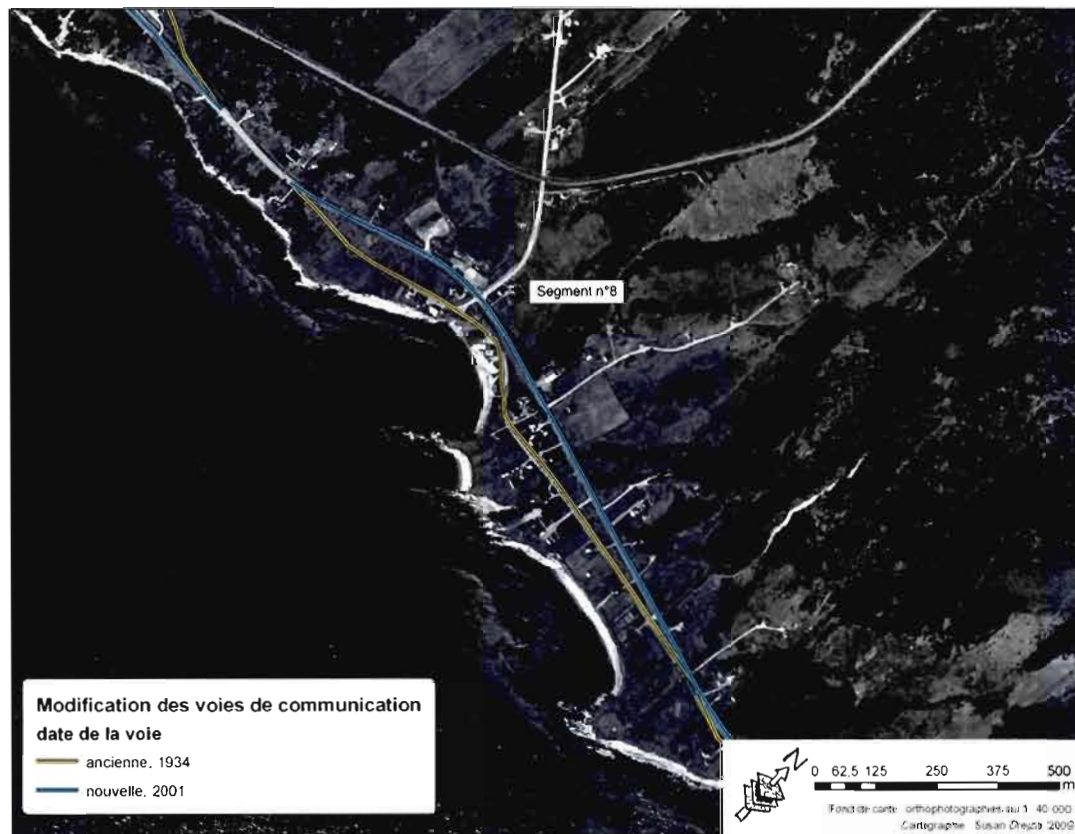


Carte 4.7 : Tronçon n° 1 : route 132 déplacée mais de nouveau à risque (Cap-d'Espoir)



Figure 4.22 : Photo du tronçon n° 1 : route 132 à risque d'érosion (Cap-d'Espoir)
À gauche on distingue les vestiges de l'ancienne route

C) Dans le hameau de Belle-Anse, le **tronçon n° 8** a été linéarisé. Avant l'intervention, la route 132 était à risque mais elle ne l'est plus actuellement car l'opération de linéarisation a déplacé ce tronçon plus loin de la ligne de rivage (carte 4.8 et figure 4.23). Cependant, l'ancienne voie a été transférée à la municipalité et constitue maintenant une rue municipale utilisée par la population locale. Cette dernière est à risque d'érosion et de submersion. Elle est d'ailleurs suivie annuellement par le LDGIZC comme infrastructure à risque à cause de sa localisation entre 4 et 10 m de la ligne de rivage (LDGIZC, 2009). Actuellement, les taux d'érosion sont de 0,42 m/an pour ce secteur de terrasse de plage (LDGIZC, 2009). Le déplacement n'a donc pas réglé le problème du risque d'érosion pour ce tronçon.



Carte 4.8 : Tronçon n° 8 : déplacement de la route 132, l'ancien tronçon devient une route municipale (Belle-Anse)



Figure 4.23 : Photo du tronçon n° 8 : route à risque d'érosion et de submersion

À l'extrême gauche la route 132 suite au réalignement, en bas l'ancienne route 132 devenue la route municipale, à droite la plage de Belle-Anse

4.3.3 Synthèse de l'évolution des voies de communication

Le niveau de risque des voies de communication a augmenté depuis 1934 (figure 4.24); pour les voies à risque important (c'est-à-dire à moins de 15 mètres de la ligne de rivage) le pourcentage est passé de 6,3 à 8,5 % entre 1934 et 2001. La proportion de voies à risque à moins de 30 mètres a, elle, connu une diminution entre 1963 et 1992, principalement à la suite de certains déplacements de la voie ferrée, mais on constate de nouveau une augmentation depuis 1993 (figure 4.24). La proportion de voies de communication à risque selon le scénario probable d'érosion est « seulement » de 6,9 % soit 6,1 km (figure 4.24). Ce chiffre est inférieur à ceux que nous obtenons selon nos marges de 15 ou 30 mètres. Ceci s'explique par le fait que la voie ferrée (plus de 5 km), qui se trouve sur la flèche littorale, n'est presque pas à risque d'érosion dans le scénario probable d'érosion. La flèche littorale étant presque totalement enrochée, la ligne de rivage y est relativement fixe et le scénario probable tient compte des infrastructures anthropiques pouvant fixer la côte si celles-ci émanent d'un organisme public (comme c'est le cas ici). Si

on exclut la voie ferrée de l'analyse, la longueur de voies de communication à moins de 15 mètres du trait de côte est de 2,4 km alors que celle à risque selon le scénario probable est de 3,8 km, soit 1,6 fois plus.

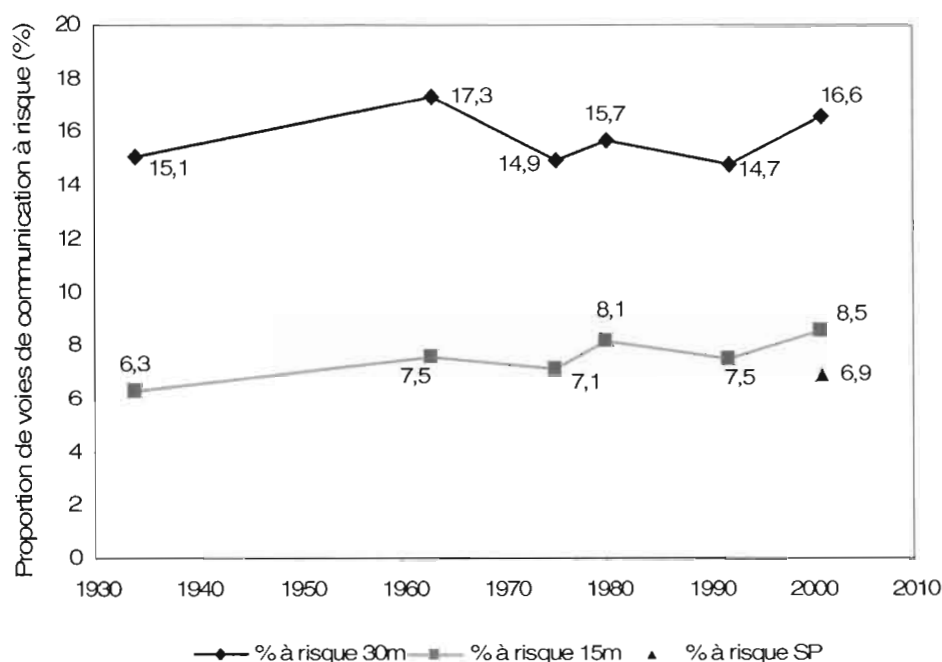


Figure 4.24 : Évolution de la proportion de voies de communication à risque

Il est important de noter que la majorité des constructions de voies de communication datent d'avant l'instauration des différentes lois d'aménagement. Leur construction à proximité du trait de côte n'était pas considérée, à cette époque, comme problématique par le ministère du transport et les élus locaux car ils n'étaient pas au fait de la problématique d'érosion et des processus impliqués. Les lois encadrant l'aménagement dans les zones à risque et les zones côtières ne semblent ainsi pas avoir d'influence sur l'établissement des nouvelles voies de communication. En théorie, les ministères sont tenus de respecter les lois et règlements de zonages établis par les MRC et les municipalités. Cependant, il arrive que ce ne soit pas le cas, surtout si ces règles ne sont pas comprises ou acceptées et que la problématique (telle que l'érosion) n'est pas reconnue comme cela a longtemps été le cas par le passé en ce qui a trait à l'érosion (Dugas, comm. pers). Une période de latence entre l'instauration des lois et leur application a ainsi pu exister. De plus, les constructions de

routes ou leur protection peuvent être mises en place par des décrets ministériels, notamment en cas de situation de risque urgent, ce qui permet de ne pas suivre les schémas d'aménagements locaux ou certaines lois.

En conclusion de cette analyse de l'évolution des voies de communication pour le secteur littoral de Percé, il est possible de dire :

- il y a, en 2001, une plus grande longueur de voies de communication situées dans des zones à risque probable d'érosion qu'il n'y en avait au début du siècle;
- dans certains cas les déplacements de tronçons de routes ont conduit à un rapprochement du tracé vis-à-vis d'une côte active étant donné que la raison des travaux n'a que rarement été l'érosion mais plutôt la linéarisation du tracé;
- deux tronçons de route 132 totalisant une longueur de 342 et 543 m, qui ont été déplacés pour un risque d'érosion, sont de nouveau menacés en 2001, la distance à laquelle ils ont été reculé n'ayant pas été suffisante;
- près de 17 % des voies sont potentiellement à risque d'érosion en 2001, ce qui est presque le pourcentage le plus important historiquement. Les études récentes se doivent donc de contribuer à renverser cette tendance par la diffusion de meilleures connaissances et réglementations.

4.4 Discussion sur l'évolution des risques

Il peut paraître surprenant de constater que *les lois qui ont été implantées pour gérer la zone côtière au Québec n'ont pas permis de limiter la hausse des risques* dans le secteur de Percé. Cette hausse du nombre de bâtiments à risque côtier, malgré la mise en place de lois, découle de plusieurs causes qui ont probablement conduit la population ou les instances municipales à ne pas tenir compte des règlements lors des développements immobiliers.

A) Depuis le milieu des années 70, les *mesures de protection* des côtes se sont multipliées (Friesinger, 2009). Chez les habitants de la zone côtière, cela pourrait avoir créé un faux sentiment de sécurité et l'impression d'avoir réussi à contrôler le phénomène de l'érosion côtière. Ceci a pu conduire à une plus grande témérité dans la localisation des bâtiments, d'où la hausse des constructions littorales malgré l'encadrement législatif. Morneau *et al.* (2001) ont, eux aussi, remarqué une hausse des constructions en bordure du littoral gaspésien depuis 1970. D'après eux, cela résulte d'un engouement accru pour la zone côtière, dû au développement du tourisme et de la disponibilité des méthodes de protection des berges. Ces dernières donnent, en effet, un faux sentiment de sécurité aux propriétaires côtiers (Morneau *et al.*, 2001). Ce phénomène a aussi été constaté le long des falaises de craie du nord de la France où l'aménagement le long de la côte a créé une illusion de sécurité qui a conduit à des comportements à risque (McInnes, 2006). En Hollande, Winckel *et al.* (2008) constatent, eux aussi, que la multiplication des mesures de protection ces dernières années a, paradoxalement, fait diminuer la conscience citoyenne et gouvernementale (paliers inférieurs) envers le risque que représente l'érosion. Au lieu d'être vus comme une réponse à une intensification de la problématique, les ouvrages de protection semblent être vus comme un moyen sûr de contrôler l'environnement. Les lois de gestion des risques deviennent alors « inutiles » aux yeux des populations et sont plus aisément contournées. Une trop grande prise en charge publique, ou par le biais d'assurances, afin de réduire la vulnérabilité, pourrait ainsi conduire à l'augmenter en créant des comportements « maladaptés » (Dolan et Walker, 2004). Ainsi, l'information et la conscientisation des propriétaires vis-à-vis du risque d'érosion sont primordiales pour une bonne gestion de la zone côtière (Winckel *et al.*, 2008) et le rétablissement des faits scientifiques à propos des risques côtiers.

B) Le *manque de compréhension* et *d'acceptation* des règlements de gestion de la zone côtière par la population est également un problème souvent évoqué par les scientifiques (Roussel *et al.*, 2009; McInnes, 2006; Dugas, comm. pers.). L'absence de compréhension d'une loi augmente la probabilité de la transgresser, volontairement ou non. C'est pourquoi une plus grande diffusion de l'information faciliterait l'acceptation des politiques publiques de gestion des risques côtiers (Roussel *et al.*, 2009). Pour que les règlements soient efficaces, « la prise de conscience et l'éducation du grand public sont considérées comme les piliers d'une gestion durable » (McInnes, 2006). La mise en place d'une bande de protection à la suite de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables n'a, peut-être, pas été considérée par tous les acteurs du milieu comme étant une bande de terrain soumise à des géorisques pour eux et leurs constructions. Les gestionnaires n'ayant pas encore connaissance des données sur les processus littoraux ni sur la position future de la ligne de rivage n'ont, possiblement, pas pu informer la population adéquatement. Cette prédiction de la position à venir de la ligne de rivage serait ainsi l'outil principal dont les gestionnaires auraient besoin (Pethick, 2001). Une sensibilisation des populations est ainsi primordiale car les impressions que les habitants ont de la côte ne sont pas toujours exactes.

C) De plus, un *manque de savoir populaire* pourrait également avoir contribué à cette augmentation des risques côtiers. En 2001, le plus grand nombre de bâtiments à risque est situé sur les côtes à falaises rocheuses alors, qu'en 1934, très peu de constructions y étaient localisées (tableau 4.7), ceci malgré le fait que les falaises représentent la majorité des côtes de Percé. Les aléas de ces secteurs de falaises jusqu'alors peu habités (moins de 7 bâtiments par kilomètre de côte contre plus de 26 pour les terrasses de plage) ne sont donc probablement pas intégrés au savoir populaire de la région. N'ayant pas de culture commune relatant les dangers potentiels des falaises pour les constructions, la prudence a donc probablement été moins grande que dans le cas des terrasses de plage qui ont, elles, vu baisser le nombre de bâtiments à risque à leur proximité (tableau 4.7). En effet, le souvenir des risques passés est un élément important qui peut faire baisser la vulnérabilité d'une population (Meur-Ferec *et al.*, 2008). Dans une certaine mesure, les connaissances populaires devraient donc être utilisées pour augmenter l'efficacité de la gestion des côtes (Stewart *et al.*, 2003).

Tableau 4.7 : Nombre de bâtiments à risque en fonction du type de côte (1934-2001)

Année	falaise		terrasse de plage	
	30m	15m	30m	15m
1934	37	12	83	48
1963	65	25	55	12
1975	69	28	39	10
1980	50	17	34	10
1992	68	30	36	11
2001	73	38	54	25

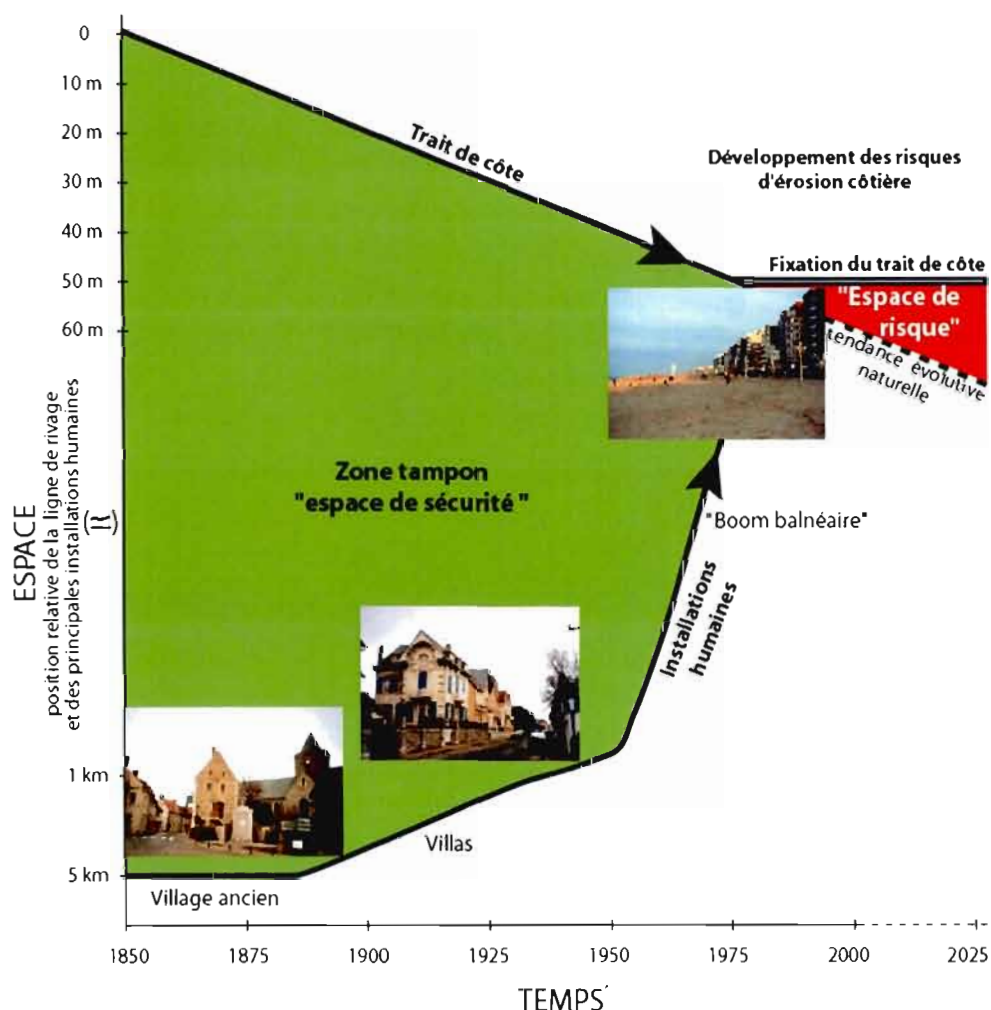
Certaines connaissances liées à l'adaptation aux aléas côtiers semblent avoir été perdues au cours du temps. En effet, les constructions présentes en 1934 sur la flèche littorale étaient bien adaptées aux aléas présents dans ce secteur (submersion principalement). En 2001, on ne retrouve plus de maisons sur pilotis, et ce même dans les secteurs subissant des épisodes de submersion. Historiquement les terrasses de plage sont occupées depuis longtemps par les populations et sont donc connues comme étant des zones soumises aux aléas côtiers; la hausse des bâtiments à risque pour ces secteurs depuis 1992 pourrait renforcer le postulat d'une perte des connaissances populaires concernant les risques naturels de ces secteurs. Cette hausse ne peut pas être le fait d'une population nouvellement arrivée dans la région car la municipalité de Percé ne reçoit que peu de migrants : 88 % des gens y habitaient il y a 5 ans et 94 % il y a 1 an (Statistique Canada, 2006). Ce manque de savoir populaire concernant les risques naturels pourrait donc plutôt provenir d'une certaine déconnexion vis-à-vis de l'environnement physique et de sa variabilité naturelle au cours de ces dernières décennies.

D) Malgré la mauvaise compréhension de la dynamique littorale et le manque d'information qui ont accompagné la mise en place des règlements, il ne faut pas oublier que si la réglementation avait été appliquée convenablement, l'augmentation des nouvelles constructions à risque n'aurait pas eu lieu, même sans qu'aucune sensibilisation ne soit effectuée. Au Québec, les municipalités ont, effectivement, la responsabilité de l'émission des permis de construction et de s'assurer que les permis émis soient conformes à la réglementation en vigueur dans leur plan d'urbanisme. Or, malgré la réglementation qui interdit la construction dans des zones à risque, plus de 40 % des bâtiments à risque en 2001 ont été construits après la mise en place de ces lois. Ce qui fait augmenter les risques pour la

municipalité de Percé n'est pas tant l'intensité de l'érosion que les nouvelles constructions, la première étant responsable de 17 % de la hausse contre 83 % pour les secondes. Le laxisme dans l'application de la loi a ainsi des conséquences importantes. De plus, alors que les schémas d'aménagement sont supposés intégrer les risques naturels dans leur zonage depuis leur création en 1979, Morneau *et al.* ont écrit en 2001 que « ce scénario [l'adaptation à l'érosion par le biais d'un zonage] peu répandu au Québec pourrait entraîner une refonte importante des schémas d'aménagement et de la réglementation qui s'y rattache. ». Cela révèle une inadéquation entre les cadres gouvernementaux (qui le prévoyaient légalement depuis 1979) et l'application qui peut en être faite régionalement et localement par les paliers inférieurs de gouvernance (qui ne l'incluent majoritairement pas en 2001). Il semble donc y avoir un véritable problème de gouvernance concernant la gestion et la prévention des risques naturels côtiers. La sensibilisation aux aléas et à la dynamique côtière ne doit donc pas viser uniquement la population, mais aussi les acteurs décisionnels et responsables de l'application des lois et règlements des différents paliers de gouvernements (fédéral, provincial et municipal). Les acteurs locaux ont le devoir de respecter toutes les réglementations mises en place, et ce, même si les raisons n'ont pas été entièrement comprises. Même lorsque les résidents côtiers ont une bonne connaissance des aléas, les solutions d'adaptation envisagées sont rarement adéquates pour leur type de milieu (Friesinger et Bernatchez, 2009). Cela conforte le fait, qu'en parallèle à la nécessité d'informer les populations, il faut établir des obligations quant au suivi des recommandations émises par les experts. Il est primordial de ne pas sous-estimer la responsabilité de tous les citoyens, individuels et corporatifs, à respecter les lois.

Le constat d'une augmentation des risques côtiers au courant du dernier siècle a également été effectué dans d'autres régions telles la Gaspésie (Morneau *et al.*, 2001) ou la France (Meur-Férec, 2006). Dans ce dernier cas, la cause de cette hausse est légèrement différente de celle connue en Gaspésie. Comme on peut le voir sur la figure 4.24, le risque résulte à la fois du recul du trait de côte et de l'avancée des infrastructures vers la côte. L'espace qui était conservé comme zone tampon et « espace de sécurité » disparaît et devient même un « espace de risque » (figure 4.25). À Percé, de par la configuration du littoral et l'histoire, les villages ont toujours été proches de la côte. Peu d'arrière-côte est, en effet,

disponible et, historiquement, toutes les communications se faisaient par la mer. Il est cependant possible d'y appliquer le schéma de Meur-Férec (2006) dans une certaine mesure, car les touristes venant en Gaspésie comme ceux d'Europe veulent être le plus près possible de l'eau. Ainsi, à Percé la *nécessité* de la proximité de l'eau qu'avaient les pêcheurs a laissé place à l'*envie* des touristes d'être proche du littoral. Ce changement s'est effectué en parallèle à un changement du type de construction (petits bâtiment et bâtiments liés à la pêche en 1934 versus bâtiments d'hébergement en 2001), ce qui a aussi contribué à augmenter les risques.



Source : Meur-Férec, 2006

Figure 4.25 : Émergence des risques côtiers : dynamiques convergentes du trait de côte et de l'occupation du rivage

L'intensification de la densité urbaine de la côte reflète l'engouement accru des zones côtières qui a été constaté également à l'échelle mondiale en lien avec le développement de l'industrie touristique. À Percé, il n'y a que 0,38 bâtiment par hectare dans la zone côtière (premier kilomètre en arrière du trait de côte). Cette faible concentration montre que l'on n'est pas dans une situation de pénurie d'espace et conforte l'idée que le fait de s'installer directement sur le trait de côte ou dans les zones proximales à risque est, actuellement, plus un choix qu'une nécessité. Les constructions littorales sont privilégiées à cause de la valeur ajoutée que cela procure tant sur la valeur des biens que sur les profits que peuvent y faire les commerces et hébergements. Cette situation de concentration côtière se retrouve également dans plusieurs stations balnéaires en Europe (Winckel *et al.*, 2008). Selon Winckel *et al.* (2008) cette *plus-value* dans la valeur des maisons ainsi que dans les recettes des hôtels devrait d'ailleurs être une raison suffisante pour permettre leur construction malgré les risques.

Concernant les solutions mises en place pour faire face à la problématique de l'érosion, certaines *adaptations* ont dû être effectuées sur le territoire de Percé. Par exemple, les tronçons de voies de communication qui ont dû être déplacés pour cause d'érosion, sont de nouveau menacés par le même aléa moins de 40 ans plus tard ce qui dénote une inadaptation ou une « mésadaptation » à la situation. Ce type d'infrastructures aurait nécessité une stratégie d'adaptation à long terme ce qui n'a pas été le cas à l'époque ce qui n'est pris en compte par le ministère des Transports du Québec que depuis une période récente (MTQ, 2009). Cette lacune de vision à long terme dans l'adaptation a également été constatée en Europe (McInnes, 2006).

Malgré les lois existantes encadrant le zonage, les rétroactions qu'elles peuvent entraîner ne semblaient pas avoir été étudiées et n'ont pas pu servir à améliorer de futurs zonages. Connaître l'évolution de l'occupation du territoire côtier nous a permis de connaître et de comprendre les dynamiques qui y ont lieu. Ainsi, il est possible de savoir quelles sont les dynamiques qui devront être gérées à l'avenir, quelles sont les points sur lesquels une politique devrait insister, quels éléments prendre en compte et de quelle manière les mettre en application.

CHAPITRE V

COMPARAISON DES DIFFÉRENTS ZONAGES AVEC L'ÉVOLUTION PROBABLE DU LITTORAL

Les objectifs de ce chapitre sont de connaître les différentes possibilités concernant le zonage des risques d'érosion dans le secteur d'étude et de comparer les zonages existants ou potentiels avec l'évolution probable du littoral pour identifier leur efficacité. Ainsi, il pourra être déterminé lequel est le plus approprié, c'est-à-dire le zonage qui évite les coûts futurs liés aux risques mais qui n'empêche pas le développement sur les territoires propices et non risqués. Nous présenterons donc d'abord une comparaison des zonages avec la ligne de rivage probable de 2050 puis celle effectuée avec un zonage « complet », adapté à l'aménagement du territoire dans un environnement physique soumis aux changements climatiques.

Étant donné les problèmes liés à l'érosion que connaît le territoire de Percé, le zonage actuel ne semble pas adéquat pour limiter les risques. Dans la situation actuelle des choses, l'érosion va entraîner des coûts importants pour le milieu et la société en général. D'ici à 2050, si aucune mesure d'adaptation n'est prise, la valeur des infrastructures qui vont être affectées par l'érosion dans la région de Percé sera d'un minimum de 15 474 358 \$ (figure 5.1) (Drejza et Bernatchez, 2008), ce qui est très important pour une petite municipalité de moins de 3 500 habitants avec un budget de fonctionnement annuel d'environ 5 millions de \$ (Municipalité de Percé, 2009).

A- Évaluation des coûts possibles selon les différents scénarios (en \$)

	S1	S2	S3	S probable
Voies de communication	38 417	11 214 578	22 782 053	12 275 458
Unités d'évaluation foncière	123 700	3 328 000	7 038 200	3 198 900
TOTAL (\$) :	162 117	14 542 578	29 820 253	15 474 358

B- Unités d'évaluation foncières, scénario probable

Type d'unité	Nombre	Valeur (en \$)
Habitation	16	730 900 \$
Économie	9	2 065 300 \$
Autre	2	175 100 \$
Service public	2	54 100 \$
Terrains non aménagés	29	173 500 \$
TOTAL	58	3 198 900 \$

C - Voies de communication, scénario probable

Voies de communication	Longueur (m)
Voie ferrée	2 310
Route nationale (132)	1 039
Autre voie carrossable	2 789
Voie non carrossable	0
TOTAL	6 138

Modifié de Drejza et Bernatchez, 2008

Figure 5.1 : Évaluation des coûts prévisionnels liés à l'érosion pour le secteur de Percé

5.1 Présentation des différents zonages possibles

Différents zonages existants ou potentiels ont été testés sur la zone d'étude. Ils seront décrits ici en termes de superficie zonée, de nombre de bâtiments concernés, de nombre de rôles d'évaluation, de la valeur des rôles d'évaluation, des routes et enfin des activités qui seront affectées. Ces zonages ont été comparés à un scénario d'évolution de la côte pour l'an 2050. Le scénario probable (SP) représente le terrain qui aura, selon toutes probabilités, disparu d'ici l'an 2050 à cause des processus d'érosion des berges si aucune mesure d'adaptation n'est mise en place. Ce scénario d'évolution tient compte à la fois du contexte géomorphologique de la côte, de son évolution passée, des changements climatiques envisagés ainsi que des actions anthropiques (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Aux fins de cette étude, ce scénario sera considéré comme l'évolution prévue de la ligne de rivage auquel

seront donc comparés les zonages potentiels. Il s'agit, à l'heure actuelle, de la meilleure estimation de l'évolution future de la ligne de rivage pour le secteur d'étude.

Il existe une très grande variabilité dans les surfaces zonées selon le type de zonage adopté, qui vont de 8,9 hectares à 150,4 hectares (tableau 5.1). Les horizons de gestion diffèrent selon les options retenues entre 30 et 50 ans. Certains, tels la LQE ou la politique du Nouveau-Brunswick ne définissent pas l'horizon d'aménagement. Selon l'optique retenue, l'importance accordée à l'érosion côtière va être minimisée ou amplifiée. Ainsi, il n'est pas aisé pour la municipalité de bien évaluer les risques potentiels auxquels est soumis son territoire.

Tableau 5.1 : Superficies et éléments inclus dans les zonages étudiés

Type de zonage	Superficie touchée Hectares	Bâtiments 2001 Nombre	Rôle MAMR (unités d'évaluation)	
			Nombre	valeur (\$)
Taux historique :				
- 30 ans	8,9	3	5	25 100
- 49 ans	14,7	3	8	125 700
LQE	50,9	39	40	2 762 800
Proposition de la MRC	99,2	103	94	4 436 800
Nouveau-Brunswick (30 m)	116,0	118	112	5 124 600
Critères de la "Côte-Nord"	150,4	177	162	9 606 700
Scénario le plus probable	62,3	66	62	3 269 000
Zonage possible (SP+15 m)	118,8	135	125	5 848 200

Cette variabilité se reflète également dans le **nombre de bâtiments** qui se retrouvent inclus dans la zone dite à risque d'érosion. Cela varie entre 3 bâtiments, dans le cas de l'utilisation des taux de reculs historiques avec un horizon de 30 ans, à autant que 177 bâtiments, dans le cas d'une adaptation des critères du zonage utilisé pour la Côte-Nord (tableau 5.1).

La **valeur globale des unités d'évaluation foncière** considérées à risque peut être importante et varie entre 25 100 \$ et 9 606 700 \$. L'importance de cette valeur à risque est augmentée par le fait que la valeur moyenne des bâtiments qui se situent dans la zone d'érosion probable (donc proches du littoral) est plus importante que celle de la totalité de la municipalité. Alors que, dans la zone probable, les bâtiments valent en moyenne 79 851 \$, la moyenne des bâtiments de Percé est de 50 590 \$. La valeur des bâtiments à risque probable d'érosion, soit ceux les plus proches du trait de côte, est 1,6 supérieure à la moyenne

municipale. Ceci reflète l'attrait littoral et la valeur qui lui est associée. Les terrains eux aussi ont une valeur de près de 2 fois supérieure (1,94) s'ils se trouvent en bordure du littoral où ils sont évalués en moyenne à 12 800 \$ contrairement à 6 613 \$ pour la municipalité entière.

5.2 Comparaisons des différents zonages avec le trait de côte probable de 2050

La comparaison des zonages avec le trait de côte probable se traduit par une comparaison de chacune des possibilités de zonage avec l'évolution probable de la ligne de rivage (soit le SP) afin de déterminer des superficies qui pourraient être zonées à tort ainsi que des superficies qui ne sont pas zonées mais qui, selon toute probabilité, auront été érodées d'ici 2050. Cela veut également dire qu'il faut connaître le nombre de bâtiments qui sont zonés à tort (ce qui a un impact néfaste sur leur développement) ou ceux qui ne sont pas zonés mais qui sont à risque d'érosion (ce qui fausse notre compréhension de la problématique et notre préparation à l'affronter).

Dans le but de d'identifier le zonage qui est le plus adéquat avec la future évolution de la côte, seront donc comparés dans cette section les superficies zonées mais non à risque, les superficies non zonées mais à risque et le nombre de bâtiments (2001) zonés ou non zonés à tort.

5.2.1 LQE : Loi sur la qualité de l'environnement

Le zonage prévu par la Loi sur la qualité de l'environnement (politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables) est celui qui a maintenant cours dans la MRC du Rocher-Percé. C'est également celui qui a été transposé dans les règlements municipaux. Théoriquement, il est possible pour la MRC ou la municipalité d'augmenter les marges prescrites par la loi si nécessaire; par exemple en cartographiant des zones connues pour leurs risques. Cependant sur le territoire à l'étude, aucune cartographie additionnelle n'existe pour le risque d'érosion.

La superficie totale du territoire zoné découlant de la LQE présente seulement 11,4 ha de moins que celle zonée par le scénario probable (tableau 5.2). Cependant, ce sont près de 17 ha qui sont prévus érodables par le SP mais qui ne sont pas zonés. Ainsi, ces 17 ha sont libres d'accueillir de nouvelles infrastructures malgré le risque potentiel auxquels ils pourront être soumis dans le futur. Ces terrains abritent d'ores et déjà 31 bâtiments soit 26 unités d'évaluation foncière pour une valeur à risque minimale de plus de 2 000 000 \$. Si la LQE reste en vigueur, cette valeur pourrait augmenter d'ici 2050, augmentant ainsi les risques pour la société.

Dans certains cas, des terrains sont jugés à risque bien qu'ils ne seront probablement pas érodés (5,2 ha). Ceci est, par exemple, lié aux zones que la municipalité a décidé de protéger en fixant la ligne de rivage (par un muret notamment). Étant donné que le zonage n'est pas variable, il n'est pas possible d'en tenir compte.

Tableau 5.2 : Comparaison du zonage de la LQE avec le scénario probable (SP)

	Superficie	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	5,2 ha	4	4
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	16,8 ha	31	26

À la suite de l'analyse de la LQE, plusieurs problèmes ont été recensés. Ceux-ci peuvent être à l'origine de diverses lacunes qui sont exposées ici :

A) Dans les *objectifs de la loi* (article 1.1.), il n'est pas fait mention de protéger les habitants de la côte contre les risques. Le but du zonage est d'abord la protection des berges; les risques y sont seulement secondaires. La loi a pour but de protéger les berges en elles-mêmes (biodiversité, qualité des habitats...) ainsi que les personnes soumises à des risques, mais ceci seulement dans les plaines inondables. Les littoraux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent ne peuvent être gérés comme des plaines inondables étant donné que les divers processus qui s'y produisent sont bien plus côtiers que fluviaux. La largeur de l'écotone côtier étant relativement limité, il est possible que la loi soit adéquate sur cet aspect. Cependant, elle est tout de même utilisée en pratique pour empêcher la construction selon des marges de 10 ou 15 m de la ligne de rivage.

B) La loi est construite sur le modèle d'une protection par bande homogène (même s'il y a deux classes de largeur). Cela ne prend donc pas en compte les possibles variations selon les processus, la localisation, les conditions locales et les différences régionales et nationales qui peuvent exister sur le territoire.

C) Le critère utilisé pour établir le choix entre les deux largeurs de bandes de protection, soit la hauteur du talus, ne correspond aucunement à une limite naturelle. La hauteur limite est de 5 mètres, en dessous de cette hauteur la bande sera de 10 mètres, au-dessus elle sera de 15 mètres. Cependant, les classes sont inadaptées car elles ne correspondent pas à la réalité physique de l'érosion. En effet, bien que les deux catégories de côte sur lesquelles s'appuie la LQE afin de déterminer la largeur de la bande de protection (10 ou 15 m) correspondent à des taux d'érosion significativement différents avec $\alpha = 0,05$ (Test U, $p = 0,000$) (figure 5.2); cette différence ne peut cependant pas servir à prédire de manière certaine le comportement d'un segment de côte face à l'érosion. C'est ainsi qu'à cause de la variabilité de l'érosion observée, il peut se produire de l'érosion tout aussi intense dans les secteurs zonés avec 10 mètres que dans ceux zonés avec 15 mètres (figure 5.2). Seule l'accumulation est absente dans les secteurs zonés avec 15 mètres.

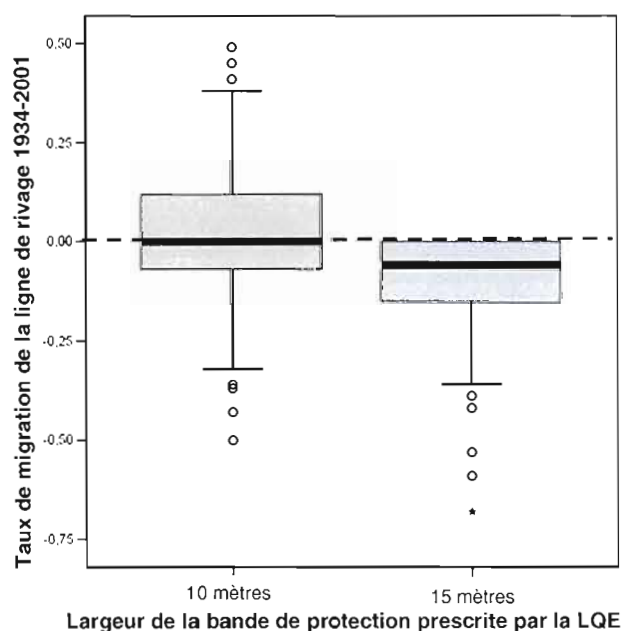


Figure 5.2 : Taux de migration historique de la ligne de rivage (en m) en fonction des catégories prescrites par la LQE

De plus, que ce soit pour les zones de falaises ou les zones de terrasses de plage, la différence dans les taux d'érosion selon les deux catégories retenues par la LQE, bien que minime, persiste (figure 5.3). Toutefois, il y a une différence dans la vitesse de recul entre les falaises et les terrasses de plage, de sorte que le zonage devrait aussi refléter la dynamique côtière pour qu'il soit approprié.

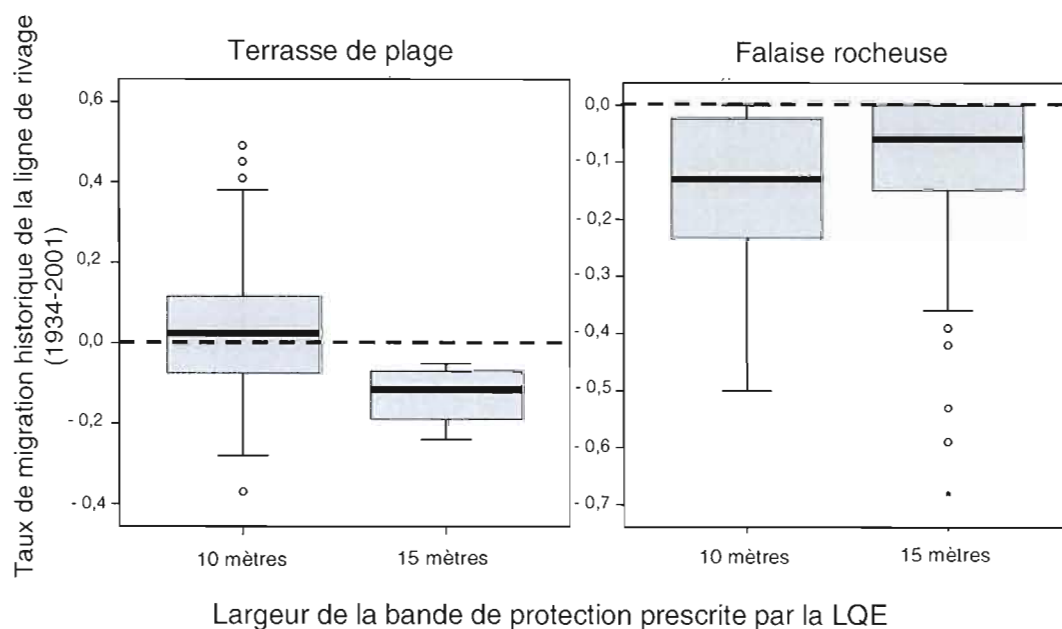


Figure 5.3 : Taux de migration de la ligne de rivage (en m) en fonction de la largeur de la LQE selon le type de côte

Enfin, les deux catégories de côte définies par la politique ne reflètent pas les taux d'érosion prédits pour 2050 (figure 5.4). Les deux catégories ne sont pas significativement différentes, avec $\alpha = 0,05$ (Test U, $p = 0,343$). Par conséquent, les marges adoptées par la loi ne correspondent pas à une intensité d'érosion future et l'utilisation de deux marges différentes ne se justifie pas du point de vue des aléas côtiers à venir.

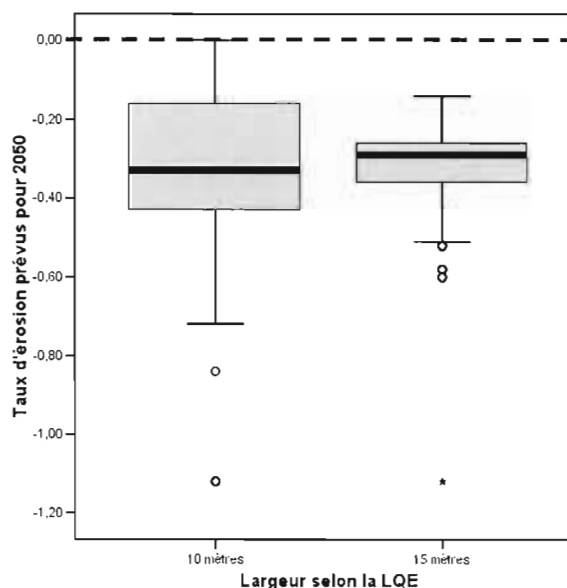


Figure 5.4 : Taux d'érosion prévus pour 2050 (en m) en fonction de la catégorie de la LQE

Comme la loi ne tient pas compte des paramètres naturels, certains secteurs de côte, particulièrement dynamiques, ne seraient pas protégés, si durant les 50 prochaines années, les taux d'érosions historiques se maintenaient. Certes, globalement, la zone protégée selon les marges établies par la LQE est plus étendue que celle découlant d'une extrapolation de l'évolution historique de la côte (50,9 ha zonés contre 14,7 pour 50 ans d'érosion historique). Cependant, si on compare, secteur par secteur, les marges prescrites par LQE avec les taux de recul réellement mesurés entre 1934 et 2001 et extrapolés pour 50 ans, 3,7 ha apparaissent comme étant à risque mais non inclus dans le zonage de la loi (tableau 5.3). Ces secteurs de côte particulièrement actifs ne seront pas zonés par la LQE et laisseraient la place à beaucoup de nouvelles constructions potentielles. De plus, en admettant que les taux d'érosion de 1992-2001 soient représentatifs des conditions d'érosions des 50 ans prochaines années, les secteurs à risque mais non protégés représenteraient non plus 3,7 mais 5,6 ha (tableau 5.3). Cette carence dans la superficie du zonage provient de certains secteurs dans lesquels la dynamique côtière est particulièrement active, ce que ne peut pas refléter une loi avec des marges fixes. Bien que ces secteurs soient limités dans l'espace, ils sont particulièrement sensibles à une densification urbaine. On parle ici des terrasses de plage du secteur du village de Cap-d'Espoir, des falaises du centre-ville de Percé (Mont-Joli) ainsi que des terrasses de plage du village de Barachois. L'insuffisance des terrains zonés s'accroît encore si l'on

compare la LQE avec les taux d'érosion prédits dans un contexte de changements climatiques. Dans cette situation, on parle d'une superficie de 16,8 ha qui pourrait être érodée mais qui ne serait pas préservée par la loi (tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Comparaison de la LQE avec les taux d'érosion historiques, récents et prédits

	Avec les taux d'érosion 1934-2001	Avec les taux d'érosion 1992-2001	Avec les taux d'érosion prédits dans un contexte de changements climatiques (SP)
Superficie (ha) érodée en 50 ans mais non préservée par la loi	3,7	5,6	16,8

D) Le golfe du Saint-Laurent et la baie des Chaleurs sont considérés comme des cours d'eau et non comme un littoral marin (figure 5.5). Cependant, les processus qui affectent ces milieux sont très différents des processus fluviaux. Les bandes de protection prévues par la LQE sont donc insuffisantes, car elles ne sont pas adaptées à la dynamique propre aux littoraux.

« Cours d'eau : Toute masse d'eau qui s'écoule dans un lit avec un débit régulier ou intermittent, y compris ceux qui ont été créés ou modifiés par une intervention humaine, **ainsi que le fleuve et le golfe Saint-Laurent de même que toutes les mers qui entourent le Québec**, à l'exception du fossé de voie publique ou privée, du fossé mitoyen et du fossé de drainage. » (site internet du MDDEP).

« Tous les lacs et cours d'eau à débit régulier ou intermittent situés sur le territoire de la MRC **incluant le golfe Saint-Laurent** et la baie des Chaleurs sont visés par l'application des dispositions de la politique de protection des rives. »
(extrait du schéma d'aménagement de la MRC du Rocher-Percé, 1989)

Figure 5.5 : Définition des cours d'eau pour la LQE

La politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables prévoit un « *cadre normatif minimal* » (preamble de la politique). Ceci laisse donc la possibilité aux instances locales (municipalités ou MRC) d'augmenter ces marges si elles le jugent nécessaire. Cependant, ce sont souvent (et particulièrement dans l'Est du Québec) des paliers gouvernementaux dépourvus de moyens financiers et techniques nécessaires pour réaliser une

étude détaillée de leur territoire. Par exemple, la MRC du Rocher-Percé est classée deuxième sur 97 au rang des MRC les plus démunies du Québec. Ses moyens d'analyse de la côte sont donc conséquemment limités.

Le zonage créé par cette loi n'est donc pas adapté aux géorisques côtiers. Les municipalités ne peuvent donc s'y appuyer que partiellement. La largeur de la bande de protection utilisée (15 mètres) est, en effet, plutôt considérée comme une largeur adéquate pour éviter d'être affecté par l'agitation de l'océan (embruns, vagues exceptionnelles, débris...) que par le déplacement de la ligne de rivage. Cette distance à la côte répondrait à un besoin de protection des biens seulement si la côte était fixe et ne connaissait aucun déplacement au cours du temps.

5.2.2 Proposition de zonage de la MRC

Alors que l'ancien zonage des risques de la MRC du Rocher-Percé reprenait telle quelle la LQE, il existe actuellement une nouvelle proposition de zonage émanant de la MRC. Celle-ci devrait être intégrée au nouveau schéma d'aménagement des risques. L'optique retenue est de doubler les prescriptions de la LQE et d'ajouter de nouvelles zones d'érosion connues. Pour le secteur à l'étude, 7 zones d'érosion seraient créées dans des endroits connus pour être particulièrement actifs. Cette proposition de zonage résulte de la réalité de terrain qui a permis aux intervenants de réaliser que les bandes de protection préexistantes étaient trop faibles. Les doubler permettra, selon eux, de mieux protéger les infrastructures côtières.

Globalement, en appliquant cette proposition, il y aurait 37 ha de différence de surface avec la superficie du scénario probable. Plus spécifiquement, 3,7 ha ne sont pas zonés alors qu'ils le devraient et 40,6 ha ne sont pas prévus érodables mais seraient zonés (tableau 5.4). Les zones qui ne sont pas incluses dans la suggestion de la MRC mais qui sont à risque, se répartissent en plusieurs secteurs, notamment autour du havre de pêche de l'Anse-à-Beaufils, aux extrémités du village de Percé, au nord de la flèche de Barachois ainsi que de

petits secteurs au nord de la Malbaie. Les superficies que l'érosion n'affectera probablement pas mais que cette proposition inclut dans le zonage représentent 40,6 ha qui vont être soustraits à une densification urbaine et à un développement potentiel. Ces espaces correspondent, notamment, aux secteurs de la promenade municipale de Percé. Ce secteur est en effet tellement densément urbanisé qu'il ne serait pas envisageable d'abandonner la protection. Des discussions avec la municipalité ont permis de s'assurer que la promenade serait entretenue sur un horizon d'au moins 50 ans. Ces secteurs ne sont donc pas concernés par des taux de recul probables, seule la marge de sécurité de 15 mètres serait à mettre en place pour protéger les infrastructures de l'action des vagues, des embruns et des débris.

Tableau 5.4 : Comparaison du nouveau zonage de la MRC avec le scénario probable (SP)

	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	40,6	42	38
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	4	3	5

Les problèmes que ce nouveau zonage soulève sont :

- A) L'uniformité dans la largeur des bandes qui ne peuvent pas tenir compte des variations dans les conditions locales.
- B) Le choix entre les deux classes de largeur de bande de protection qui ne correspond pas à des paramètres naturels d'érosion. En effet, ce sont les mêmes classes que celles de la LQE et elles présentent donc les mêmes inconvénients (partie 5.2.1.).

5.2.3 Politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick

Le Nouveau-Brunswick a émis une politique de protection de sa zone côtière en 2002. Cette proposition n'a cependant toujours pas été transformée en application légale. Elle applique une bande de protection de 30 mètres à partir de la ligne de rivage. La politique prévoit également la possibilité d'interdire des ouvrages que l'on voudrait construire au-delà de cette marge selon la sensibilité du terrain aux ondes de tempêtes. Selon la proposition,

cette autre limite doit être déterminée selon « l'élévation, la topographie et la susceptibilité à l'érosion (géomorphologie) » (ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick, 2002). Cependant, il n'est pas spécifié de méthodologie pour sa mise en œuvre.

Si l'on appliquait cette politique, peu de superficies prévues érodables par le scénario probable ne seraient pas zonées (seulement 1,19 ha) (figure 5.5). Ce zonage devrait donc permettre d'éviter une augmentation des risques pour la population. Cependant, de grandes surfaces qui ne sont pas prévues à risque d'érosion sont zonées. Ceci peut poser problème à la municipalité, car ce sont de grandes superficies (54,4 ha) qui sont soustraites à un futur développement résidentiel ou commercial (tableau 5.5).

Tableau 5.5 : Comparaison de la politique du Nouveau-Brunswick avec le SP

	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	54,4	55	53
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	1,2	1	1

Le zonage mis en avant par la politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick comporte deux problèmes :

A) Le premier consiste en une bande fixe qui ne peut donc pas prendre en compte les variations locales du taux d'érosion. Il est toujours possible d'imposer une bande de protection d'une largeur plus importante afin d'être certain d'inclure les zones qui s'érodent le plus vite. Néanmoins, ce principe fait apparaître des zones sacrificielles qui, bien que non risquées, sont interdites à tout développement, ce qui ne permet pas une optimisation de l'utilisation du territoire de la municipalité. Cela peut aussi créer un sentiment d'injustice au sein de la population qui sent son droit à la propriété entravé alors que son terrain n'est pas assujetti aux aléas d'érosion.

B) Le deuxième problème résulte dans le fait que certaines zones ont été ciblées pour y assurer une protection, comme le muret du centre-ville de Percé. Ces secteurs se retrouveraient zonés à risque alors que la ligne de rivage sera maintenue à sa position

actuelle. Ces zones devraient donc être recensées et prises en compte. Seule une bande de 15 m les mettant à l'abri des vagues, des embruns et des débris devrait y être appliquée. Ne doivent être pris en compte dans cette catégorie que les ouvrages publics dont l'autorité responsable a décidé d'assurer l'entretien sur toute la période visée par le zonage.

5.2.4 Application des critères de l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord

L'application de ces critères de zonage étend la superficie protégée à 150,4 ha. Les surfaces qui sont prévues pouvant être érodées selon le scénario probable, mais que ce zonage n'aurait pas intégrées, sont négligeables (0,1 ha). Cependant 88,5 ha ne sont pas prévus érodables d'ici 2050, mais sont tout de même inclus dans le zonage (tableau 5.6).

Tableau 5.6 : Comparaison du zonage découlant des critères de la Côte-Nord avec le scénario probable (SP)

	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	88,5	111	100
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	0,1	0	0

Le zonage suivant les critères utilisés par l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord comporte deux principaux problèmes :

- A) il présuppose une hausse importante de l'érosion pour tous les secteurs alors que les études récentes montrent le contraire (Bernatchez *et al.*, 2008 a);
- B) ces critères conduisent à la classification de grandes superficies comme étant à risque alors qu'elles ne le seront probablement pas même si l'horizon d'aménagement utilisé est inférieur à celui utilisé pour le scénario probable (30 ans pour les critères de la Côte-Nord vs. 50 ans pour le SP). Cette optique est donc trop conservatrice et cela limite le développement futur de la municipalité.

5.2.5 Taux historiques d'érosion des berges

L'optique d'utiliser seulement les taux de recul historique afin de déterminer une zone à risque présuppose que les conditions qui ont engendré l'érosion dans le passé sont toujours les mêmes de nos jours et vont également rester constantes dans le futur. Une comparaison des zonages que cela peut engendrer (horizon 30 et 50 ans) avec le zonage le plus probable a été établie.

Une comparaison des surfaces à risque d'érosion (tableau 5.7 et 5.8) permet de se rendre compte d'une sous-estimation très nette des surfaces à risque par les deux premiers zonages (historique 30 et 50 ans). Ceux-ci considèrent respectivement 8,9 et 14,7 ha comme étant à risque d'érosion alors que ce seront très probablement 63 hectares qui le seront d'ici 2050. Ces zonages historiques sous-estiment également le nombre de bâtiments à risque (tableau 5.7 et 5.8) ainsi que les valeurs associées. Cela sous-estime donc les enjeux que la municipalité et les citoyens devraient prendre en compte pour leur futur.

Tableau 5.7 : Comparaison des zonages historiques 30 ans avec le SP

	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	0,0	0	0
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	53,8	66	57

Tableau 5.8 : Comparaison des zonages historiques 50 ans avec le SP

	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments	Unité d'évaluation
Zone non prévue érodable mais zonée (soustrait au développement)	0,0	0	0
Zone prévue érodée mais non zonée (augmentation du risque)	48,0	63	54

Les superficies qui ne sont pas zonées par les taux historiques, mais qui selon toutes probabilités seront érodées sont de près de 54 et de 48 hectares, respectivement pour des horizons de 30 et 50 ans (tableau 5.7 et 5.8). Cela comprend, respectivement, 66 et 63 bâtiments auxquels on n'associerait pas de risque mais qui y seront tout de même exposés d'ici 2050.

En considérant le risque d'érosion de manière historique, il apparaît également des zones d'accrétion. Ces zones, gagnées sur la mer, occupent une superficie de 2,1 et 3,4 ha, respectivement, pour un horizon de 30 et 50 ans. Celles-ci seraient donc potentiellement de nouveaux terrains pour des développements immobiliers futurs. Cependant, d'après les changements dans la tendance d'évolution de la côte qui ont été constatés depuis ces dernières décennies (Bernatchez *et al.*, 2008 a), cela laisse présager qu'il n'y aura très probablement pas ou peu de zones en accrétion en 2050. Il se produira plutôt un recul comme on peut le voir au niveau du village de Cap-d'Espoir (figure 5.6) et à Coin-du-Banc (figure 5.7). De plus, même si des zones d'accrétion apparaissaient, celles-ci ne sont généralement pas des terrains propices aux constructions étant donné leur faible altitude qui les rend très vulnérables au risque de submersion lié aux vagues et aux surcotes notamment.

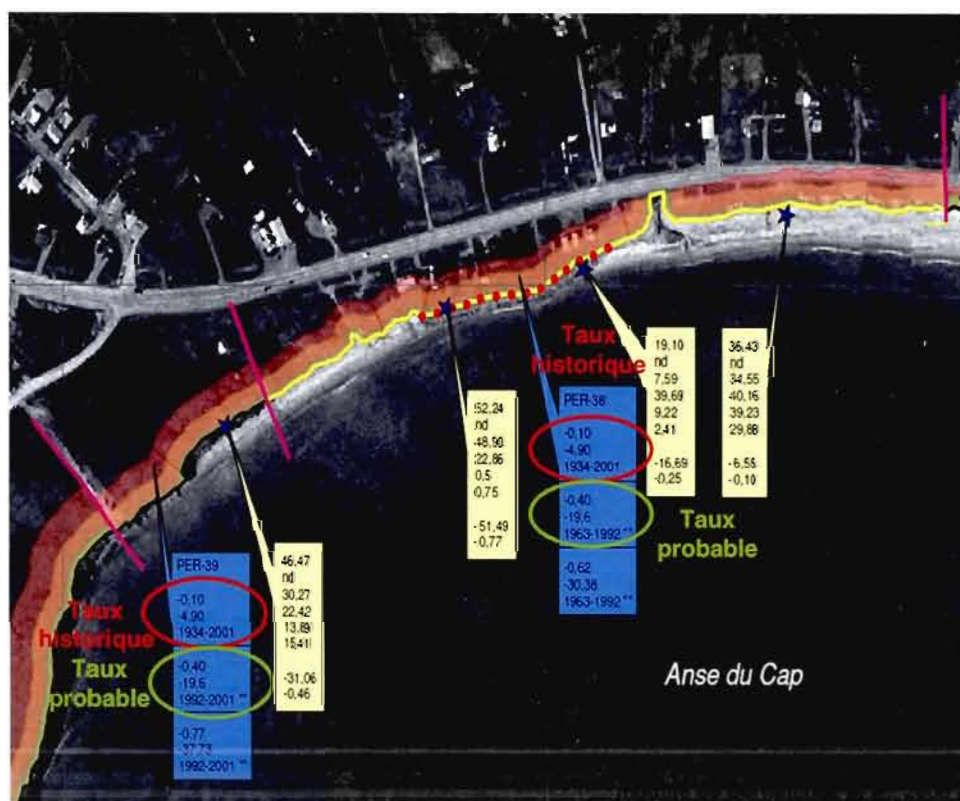


Figure 5.6 : Taux historique et taux probable d'érosion dans le secteur de Cap-d'Espoir

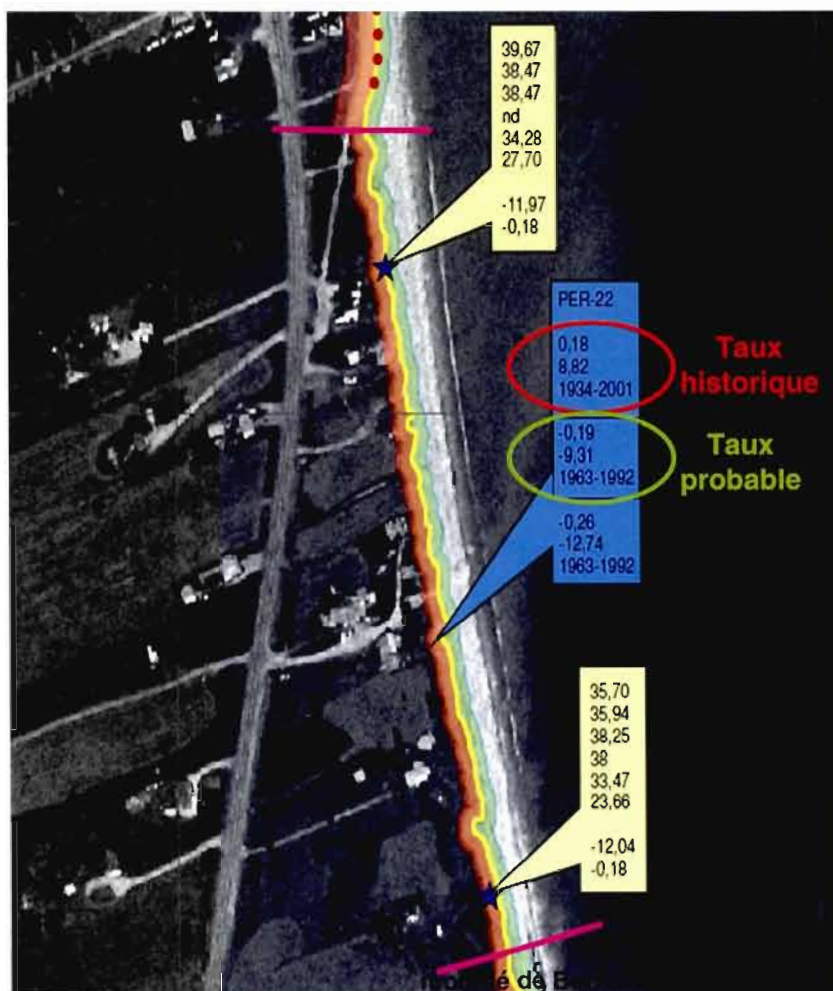


Figure 5.7 : Taux historique et taux probable d'érosion à Coin-du-Banc

Si l'on considère les taux *d'érosion récents* (1992-2001) et que l'on compare un zonage qui en découlerait (extrapolation des taux annuels sur une période de 50 ans) avec le SP, on constate également des lacunes. Dans ce cas, la superficie zonée serait de 23,67 ha, soit 9 ha de plus que si l'on utilisait les taux historiques. Cependant, il reste plus de 31 ha qui ne seraient pas zonés alors qu'ils seront à risque d'érosion d'ici 2050. Utiliser seulement les taux récents ne semble donc pas adéquat pour gérer l'aménagement côtier bien que cela entraîne moins d'erreurs qu'avec les taux historiques. Le problème peut provenir du fait que la période récente de mesure n'est pas toujours représentative des futures conditions climatiques, car 10 ans est une période trop courte.

Une accélération de l'érosion au cours des dernières décennies a été constatée. Il n'est dès lors plus possible de se fier seulement aux taux historiques pour identifier les zones soumises à l'érosion. Cela entraînerait en effet une sous-évaluation de ces zones. Les changements qui vont avoir lieu sur les côtes du monde durant le prochain siècle ne peuvent pas être prédits simplement en extrapolant les gains, les pertes et les modifications qui ont eu lieu durant le 20^{ème} siècle (Bird, 2008).

5.2.6 Synthèse des différents zonages vs. le scénario probable

En s'attardant à évaluer si les options de zonage possibles pour le secteur d'étude protègent plus ou moins de territoire que celui que l'érosion probable va affecter, il est possible d'identifier des options trop sévères et d'autres pas assez (tableau 5.9). Cette comparaison montre que les zonages actuellement en place ne sont pas suffisants, mais aussi qu'une bande uniforme de 30 mètres (comme au Nouveau-Brunswick) aurait pour conséquence de soustraire à un développement économique des terrains non risqués.

Tableau 5.9 : Comparaison globale des zonages vis-à-vis du scénario probable

Type de zonage	Zone "pas assez" en % de la superficie du SP	Zone "trop"
LQE	27	8
Proposition de la MRC	6	65
"Nouveau-Brunswick"	2	87
Critères de la "Côte-Nord"	0,2	141
Taux historique :		
- 30 ans	86	0,0
- 50 ans	77	0,0

Il est important de faire la distinction entre la connaissance des terrains qui seront probablement érodés en 2050 et un zonage utilisable pour l'aménagement de la communauté. En effet, le premier fait référence à un terrain à risque d'érosion, qui aura probablement été érodé et aura disparu à la mer d'ici 50 ans. Le deuxième doit, lui, permettre un développement sécuritaire et durable dans la municipalité. Il doit donc être légèrement plus

large que les terrains probablement érodés afin que les constructions ne se retrouvent pas directement sur la ligne de rivage (figure 5.8). Il serait, en effet, dommageable que les bâtiments se retrouvent trop proches de la ligne de rivage et soient soumis à des risques liés aux vagues, à la projection de débris, aux embruns, etc.

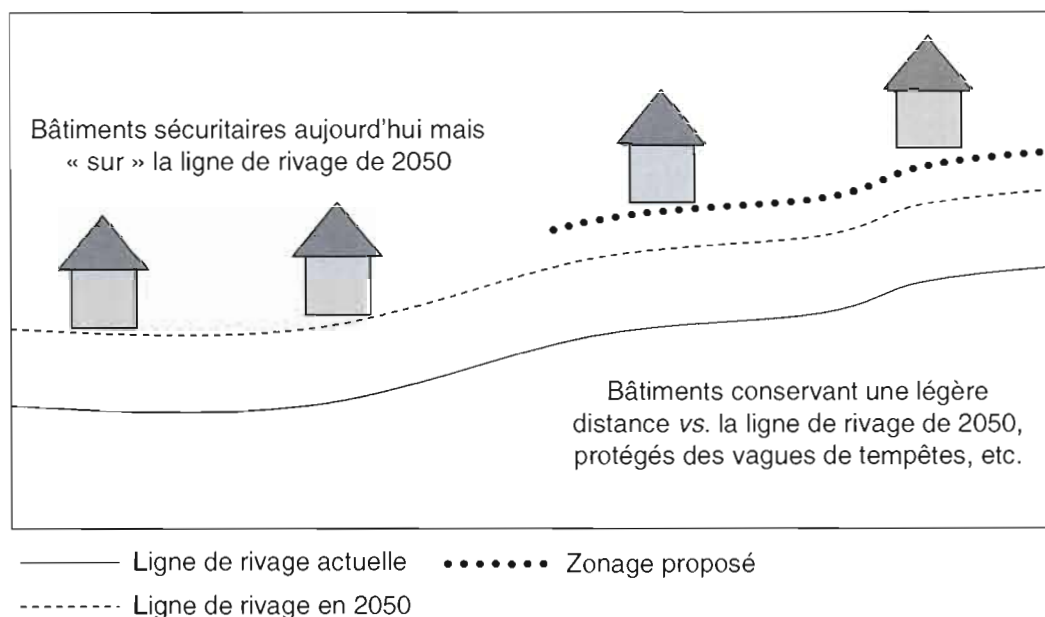


Figure 5.8 : Intérêt de zoner plus que le taux d'érosion prévu pour 2050

C'est pour cela qu'il apparaît primordial d'effectuer également des comparaisons avec un zonage « complet », adapté à l'aménagement du territoire (ci-après), c'est-à-dire comparer un zonage avec un autre zonage et non simplement avec des prévisions de risque.

5.3 Comparaison des différents zonages avec un zonage adapté à l'aménagement du territoire dans un contexte de changements climatiques

Ce zonage adapté à l'aménagement du territoire dans un contexte de changements climatiques a été établi comme étant le scénario le plus probable d'érosion auquel a été ajouté une bande de 15 mètres de largeur. L'ajout de cette bande de terrain supplémentaire permettra de déterminer le zonage qui, après la perte du terrain érodé par 50 ans de processus côtiers (soit le SP), assure que les infrastructures ne se retrouvent pas trop près du rivage et qu'elles soient toujours sécuritaires (figure 5.8). Le SP a été choisi pour estimer l'érosion à l'horizon du zonage (50 ans), car il s'agit de la meilleure estimation disponible des risques d'érosion dans un contexte de changements climatiques. La bande de 15 mètres qui y est ajoutée correspond à une largeur considérée comme nécessaire pour la protection contre les autres aléas côtiers que sont les vagues de tempête, les vents, les embruns, la houle ou les débris organiques projetés sur le rivage. Une bande similaire a été prescrite par les spécialistes de l'entente spécifique sur l'érosion des berges sur la Côte-Nord pour les côtes ne subissant pas d'érosion (soit les falaises de roches ignées). En effet, même si ces côtes ne sont pas considérées comme s'érodant avec un taux perceptible, une bande de 15 mètres a tout de même été appliquée pour les nouvelles constructions (Dubois *et al.*, 2005).

Le zonage adapté à l'aménagement du territoire (soit le SP augmenté de 15 mètres) occupe 56,8 ha de plus que seulement les zones probables d'érosion du SP. Dans ces secteurs se retrouvent d'ores et déjà 69 bâtiments représentant 63 unités d'évaluation foncière.

5.3.1 Comparaisons des impacts des différents zonages vis-à-vis du SP+15

L'objectif de cette section est de calculer les superficies qui sont soustraites à un futur développement mais devraient être constructibles car elles ne sont pas à risque d'après le zonage adapté à l'aménagement du territoire dans un contexte de changements climatiques proposé par cette étude. Les tableaux 5.10 et 5.11 exposent (1) les superficies protégées par les différents zonages possibles alors que selon le zonage adapté elles ne sont pas à risque, (2)

les superficies non zonées mais qui sont à risque d'érosion et d'impacts corollaires ainsi que (3) le nombre de bâtiments et le nombre de rôles d'évaluation municipale zonés à tort ou non zonés mais à risque.

Tableau 5.10 : Zones soustraites à un développement potentiel vis-à-vis du SP +15 m

	Non prévu à risque mais zoné Soustrait à un développement/agrandissement potentiel		
	Superficie ha	Bâtiments 2001 nombre	MAMR nombre
LQE	0	0	0
Proposition de la MRC	3,1	0	2
Critères de la "Côte Nord"	38,1	51	46
"Nouveau-Brunswick"	7,6	2	5
Historique (30 ans)	0	0	0
Historique (50 ans)	0	0	0

Tableau 5.11 : Zones prévues à risque par le SP +15 m mais non zonées

	Prévu à risque mais non zoné Potentielle augmentation du risque		
	Superficie ha	Bâtiments 2001 nombre	MAMR nombre
LQE	67,8	96	85
Proposition de la MRC	22,7	32	33
Critères de la "Côte Nord"	6,5	9	9
"Nouveau-Brunswick"	11,1	19	18
Historique (30 ans)	109,9	135	120
Historique (50 ans)	104,1	132	117

Si l'on compare *la LQE* avec la possibilité de zonage qu'est le SP + 15 m, le défaut de la loi apparaît encore plus flagrant avec près de 68 hectares qui devraient être protégés et interdits à la construction, mais qui ne le sont pas (tableau 5.11). Ces terrains comprennent déjà 96 bâtiments, soit 85 unités d'évaluation. Laisser de nouvelles constructions s'y établir reviendrait à créer un risque supplémentaire.

Si l'on compare la *proposition de zonage de la MRC* avec le zonage SP + 15 m, il est possible de constater que sa superficie est seulement de 3,1 ha supérieure (tableau 5.10). Cela est très faible et correspond à une bande d'une largeur moyenne de 0,75 m qui longerait le rivage sur toute sa longueur. Par contre, les surfaces non zonées mais à risque sont de 22,7 ha.

Lorsque l'on compare *le zonage du Nouveau-Brunswick* avec le zonage « complet » proposé ici, il n'y a que peu de surface qui est soustraite au développement et également relativement peu de surface laissée constructible alors qu'elle ne devrait pas l'être (tableau 5.10 et 5.11). La bande de 30 mètres semble donc relativement adaptée aux processus d'érosion du secteur de Percé bien qu'elle n'ait pas été spécialement conçue pour cette région. Il est, dès lors, plutôt possible de parler de coïncidence heureuse entre la bande du zonage du Nouveau-Brunswick et celle du zonage adapté à l'aménagement du territoire pour ce secteur. Le fait que 11 ha soient à risque mais non zonés alors, qu'en parallèle, 7,6 ha le sont mais ne le devraient pas reflète tout de même une mauvaise adéquation avec l'évolution future de la côte. Ceci est principalement dû à l'uniformité de la bande de protection qui ne peut pas tenir compte des variations locales dans l'intensité de l'érosion. Les secteurs d'imprécisions laissent ainsi de la place à l'augmentation du nombre de constructions dans les zones à risque.

Le *zonage proposé par l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord* semble trop strict car il préserve plus de 38 ha comme étant à risque alors qu'ils ne le seront probablement pas d'ici 2050 (tableau 5.10). En hypothéquant de grandes superficies, d'autant plus parmi les terrains littoraux les plus prisés, la municipalité limite ses possibilités de développement. Il y a donc une probabilité que le règlement ne soit pas respecté et/ou de soulever la grogne populaire car il semblera (avec raison) trop strict. Cela peut à terme discréditer les opérations de sensibilisation aux processus littoraux.

Les *zonages découlant de l'extrapolation des taux historiques* étant déjà trop faibles lorsqu'on les compare avec l'évolution probable, le sont encore plus lorsqu'on les compare au zonage proposé ici (tableaux 5.10 et 5.11). Le nombre très important de constructions qui

existent déjà dans les zones à risque mais qui ne sont pas zonées selon cette méthode, laisse à penser qu'en appliquant celle-ci pour le futur, la municipalité va devoir faire face à une importante problématique d'ici 50 ans alors même qu'elle pensera y être préparée.

5.3.2 Synthèse

Dans le tableau 5.12, les lacunes et les excès dans les zonages vis-à-vis du SP + 15 m sont présentés en proportion de la superficie de ce zonage adapté à l'aménagement dans un contexte de changements climatiques. Par rapport aux comparaisons précédemment effectuées avec le SP, la proposition de zonage de la MRC est passée d'un zonage excessif de 65 % à un zonage insuffisant de 19 %. Celui du Nouveau-Brunswick est, quant à lui, situé dans un entre-deux avec moins de 10 % à la fois d'excès et de lacune (tableau 5.12). Ceci signifie que, même si globalement les surfaces semblent similaires (seulement 2,2 ha de différence, voir tableau 5.1), une analyse segment par segment montre que le zonage peut alterner entre l'excès, dans des secteurs de côte peu active ou stable, et l'insuffisance dans des secteurs de côte très active. Pour les autres zonages, les lacunes constatées dans la section 5.2 sont exacerbées dans cette section, à cause de l'ajout d'une bande de 15 m au scénario du SP.

Tableau 5.12 : Comparaisons générales des zonages vis-à-vis du SP+15

Type de zonage	Zone "pas assez" en % de la superficie du SP+15 m	Zone "trop"
LQE	57	0
Proposition de la MRC	19	3
"Nouveau-Brunswick"	9	6
Critères de la "Côte-Nord"	5	32
Taux historique :	0	0
- 30 ans	93	0
- 50 ans	88	0

Aucune des différentes options d'aménagement et de gestion des risques côtiers existantes ne semble pouvoir donner entière satisfaction quant aux modifications que va connaître la côte dans les 50 prochaines années. Les méthodes traditionnelles de travail ne

semblent pas adaptées aux conditions actuelles des côtes comme en témoignent les problématiques actuelles. Ainsi, les modifications futures de l'environnement risquent d'accentuer cette mésadaptation.

5.4 Discussion sur les différentes options de zonage possibles

Si l'utilisation d'un zonage basé sur un scénario probable d'érosion tel que celui défini par Bernatchez *et al.* (2008 a) serait le meilleur moyen d'obtenir un zonage précis, les données nécessaires à l'établissement du SP n'existent malheureusement que pour certains territoires très restreints (dû au temps et aux ressources nécessaires à son élaboration). C'est pourquoi, il est important de savoir si d'autres méthodes permettraient d'obtenir un zonage efficace pour de plus grands territoires à moindre coût (en temps et en argent). Les comparaisons effectuées dans ce chapitre, entre les différentes possibilités de zonage des risques côtiers, sont primordiales afin de permettre aux municipalités de faire un choix éclairé lorsqu'il s'agit de la gestion de leur territoire. Depuis la loi de 2001 sur la sécurité civile et l'obligation de mise en place de schémas de sécurité civile dans toutes les MRC du Québec, les gestionnaires ont d'autant plus besoin de méthodes pour les aider à identifier les terrains qui sont susceptibles d'être affectés par l'érosion. En effet, les MRC ne disposent généralement pas d'un expert dans le domaine, ce qui rend l'utilisation de règles simples, comme celles des zonages analysés, nécessaire. Une facilité d'application et une méthode de cartographie simple sont recherchées par les aménagistes (Caron, comm. pers). La littérature privilégie certes l'action à l'inaction (Peng *et al.*, 2006), mais aucune étude n'existe pour aider à effectuer un choix. Il est donc important de savoir si les méthodes proposées peuvent se révéler efficaces.

Certaines propositions de zonage sont couramment reprises dans la littérature traitant du zonage des risques côtiers. Pourtant, aucune n'est tout à fait adaptée pour la zone côtière étudiée. Ainsi, les principales lacunes qui ont été repérées dans les zonages existants et qui réduisent leur efficacité font ressortir autant de *paramètres importants* qui devraient être pris en compte dans l'élaboration d'un futur zonage. Ils peuvent être regroupés en trois catégories à savoir :

- les *paramètres naturels* des côtes;
- les *paramètres climatiques* de l'environnement;
- les *paramètres humains* de l'occupation des terres.

5.4.1 *Intégration des paramètres naturels*

Lors de la création des zonages, l'optique dans laquelle ils ont été mis en place est généralement à l'origine de leurs points forts mais aussi de leurs faiblesses. Par exemple, la LQE, qui a d'abord un objectif environnemental, propose une bande de trop faible largeur concernant les risques (15 m seulement) car elle n'a pas été conçue et réfléchie en fonction de la dynamique des aléas côtiers. Ainsi, elle n'intègre pas les paramètres physiques significatifs des côtes même si elle est utilisée partout au Québec pour gérer les risques en découlant. Par ailleurs, le zonage du Nouveau-Brunswick avec sa bande fixe, même s'il correspond globalement au zonage adapté proposé par cette étude, laisse tantôt des secteurs surprotégés, tantôt des secteurs non protégés. Ceci découle du fait que les paramètres naturels des côtes ne sont pas intégrés au zonage qui est appliqué uniformément quel que soit l'environnement. *L'importance des connaissances physiques de la côte* et de son évolution pour l'aménagement est donc essentielle (Pethick, 2001). Ce qui est principalement utile est le taux de migration ainsi que la future position de la ligne de rivage (Pethick, 2001; Winckel *et al.*, 2008) :

« Erosion rates are not only used by scientists to study sediment budgets or the role of natural processes in shoreline alteration, they are also used to determine safe construction setbacks, settle property ownership disputes, study the effectiveness of shoreline protection structures and to make land use decisions. » (Moore, 2000).

Le taux d'érosion mesuré est le moyen le plus adapté pour refléter la variabilité des paramètres naturels des côtes tel que cela se fait dans le zonage utilisant les taux historiques. Cependant, comme de grandes portions de littoral ne disposent pas de cette donnée, il a été examiné la possibilité d'utiliser un estimateur (*proxy*). En effet, la segmentation côtière effectuée par le LDGIZC de l'UQAR couvre, quant à elle, la totalité des côtes du Québec méridional. L'évaluation préliminaire effectuée portait sur les types de côtes, leur lithologie, l'état de la côte, le degré d'altération des roches et la hauteur de la falaise (LDGICZ, 2006). Si l'on se fie à la hauteur du trait de côte, il n'est pas possible de distinguer deux groupes en fonction des taux d'évolution prédits (figure 5.4). Après une étude des taux d'érosion tant récents qu'historiques, les différences entre les paramètres physiques des côtes, même s'ils existent, ne semblent pas suffisants pour permettre une prévision des taux de recul futurs d'un segment de côte. Pour la section de côte de Percé, il n'est pas possible de prédire quel sera le taux d'évolution d'une portion de côte, tant actuel que futur, à partir de caractéristiques qualitatives de la côte que sont le type de côte, l'état, la lithologie, la hauteur, etc. Cela peut être dû au fait que les types de côtes en présence sur le territoire d'étude ne sont pas suffisamment variés et ne représentent que des conditions limitées et relativement uniformes à cause de leur proximité (57 km de côtes seulement). Une étude plus poussée de ces paramètres et une analyse sur un plus grand territoire avec une plus grande variété d'environnements pourraient être menées pour confirmer ou infirmer ces résultats. Pour le moment, cela tend à conforter le fait qu'il est primordial de connaître les taux de recul et la dynamique actuelle pour gérer la côte. Ceci s'explique par les multiples interactions qui ont lieu entre les paramètres côtiers, le climat et l'hydrodynamique qui rendent la modélisation difficile (Whitehouse et Sutherland, 2001). À une échelle locale, comme celle utilisée en gestion de l'aménagement, il est donc encore primordial de se baser sur les taux de recul mesurés pour avoir le meilleur portrait de l'aléa d'érosion afin d'établir les zonages de risques cohérents. L'utilisation de certains paramètres physiques, comme estimateurs (*proxy*), pour les taux d'érosion n'est donc pas possible à cette échelle. Un suivi sur le terrain et des analyses géomorphologiques restent donc nécessaires, car une prédiction statistique à l'aide des paramètres naturels n'est pas possible à l'heure actuelle à cette échelle.

Les experts s'accordent ainsi pour intégrer l'utilisation des taux d'érosion à l'aménagement (Moore, 2000; Pethick, 2001; Winckel *et al.*, 2008) mais pas sur la manière de les obtenir, de les appliquer ni sur la législation qui doit en découler. De plus, il est important de noter que le rythme du recul est beaucoup plus important que seul le taux historique généralement utilisé (Bernatchez *et al.*, 2008 a; Pierre, 2006). Enfin, il est important d'utiliser les prévisions des taux d'érosion futurs et non pas uniquement des taux historiques afin d'obtenir un zonage efficace pour les 50 prochaines années, tel que nous l'avons vu dans les paragraphes 5.2.5 et 5.3.1 traitant des zonages basés sur les taux historiques et leurs lacunes. Cette intégration des taux futurs n'est pas toujours mentionnée par ceux qui mettent en avant cette solution comme étant adaptée à la dynamique côtière et aux paramètres physiques variables de la côte (Pugh, 2004; Paskoff, 2004 b; Dean et Dalrymple 2004). Le littoral étant complexe, l'élaboration de ces taux prévisionnels d'érosion nécessitera une compréhension générale de la dynamique côtière (Jolicœur et O'Carrol, 2007) et l'intégration des paramètres climatiques à venir.

5.4.2 Intégration des paramètres climatiques : variations du climat et changements climatiques

D'après les comparaisons que nous avons effectuées, un zonage qui tient compte des paramètres naturels mais non des changements climatiques n'est pas efficace. Par exemple, les zonages découlant des taux historiques ont, certes, l'avantage d'établir une bande de protection de largeur variable selon le segment de côte auquel ils sont appliqués et reflètent ainsi la dynamique côtière. Mais ils ne sont pas une option qui semble viable pour le secteur étudié car la sous-estimation des surfaces à risque est flagrante (à 77 % insuffisante). Ainsi, même si l'utilisation des taux historiques d'érosion dans l'élaboration des zonages est proposée par plusieurs auteurs (Pugh, 2004; Paskoff, 2004 b; Dean et Dalrymple 2004), il manque à cette méthode l'intégration de l'impact de la variabilité des paramètres climatiques. Cela provient de l'absence de considération de la côte comme un système variable dans le temps. Les changements climatiques vont, comme on l'a vu, modifier les processus côtiers et donc les aléas. Les taux d'érosion vont de manière corollaire être également modifiés. Les

aléas passés n'étant plus le reflet de l'avenir, la seule application de ces méthodes historiques n'est donc pas à préconiser sur les côtes, car elles sous-évaluent dramatiquement les surfaces à risque. En effet, elles ne tiennent pas compte du rythme d'évolution côtière qui est très important dans le zonage des risques d'érosion, notamment pour pouvoir quantifier les extrêmes d'érosion (Pierre, 2006). De plus, bien qu'une côte puisse présenter un bilan d'évolution historique positif (progradation), elle peut aussi connaître de courtes périodes où le recul peut atteindre plusieurs dizaines de mètres en quelques années de sorte que les infrastructures construites trop près de la ligne de rivage peuvent se retrouver à risque (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Il pourrait donc être envisagé d'appliquer un coefficient multiplicateur aux taux d'érosion passés pour contrecarrer cette lacune. Ce coefficient climatique permettrait de rendre les taux historiques représentatifs des taux futurs. Cet indice pourrait être établi pour chaque région du Québec pour tenir compte des paramètres climatiques régionaux. Par exemple, comme le taux d'érosion pour la période 1992-2001 est en moyenne 2,7 fois inférieur au SP dans le secteur de Percé, il pourrait être décidé que le coefficient pour la région gaspésienne serait 2,7.

Le zonage élaboré pour la Côte-Nord avait comme objectif de prendre en compte l'augmentation des risques dans un contexte de changements climatiques. Cela l'a conduit à surévaluer les risques, principalement à cause d'un manque de données précises concernant l'impact de ces changements à l'époque de sa réalisation. Ce scénario pessimiste conduirait donc à hypothéquer le développement de certains secteurs. La précision des projections climatiques et de leurs impacts est donc primordiale.

Avec les zonages utilisés ou proposés actuellement, nous sommes déjà mal adaptés et mis au défi dans notre gestion des zones côtières avec le climat actuel, ce qui fait que nous ne sommes pas prêts à des changements plus rapides et allons avoir encore plus de problèmes à résoudre à l'avenir (Forbes, 2008). Dans la littérature actuelle, ce sont principalement des éléments composites qui déterminent la sensibilité ou non d'une côte aux changements climatiques même si cela passe principalement par l'inclusion de la seule hausse du niveau marin relatif tel que dans les études de Shaw *et al.* (1998) ou de Gornitz *et al.* (1997). Celles-ci n'ont, toutefois, pas été effectuées à une échelle adaptée pour réaliser un zonage. Les

indices de sensibilité existants (Shaw *et al.*, 1998; Gornitz *et al.*, 1997) ainsi que les cartes prédisant l'évolution des aléas et leurs impacts potentiels (Fairbank et Jakeways, 2006) permettent tout de même aux aménagistes de connaître l'importance que vont avoir les changements climatiques sur leur côte et ainsi de se préparer à leurs impacts. Elles permettent aussi de cibler les secteurs dans lesquels les problématiques seront les plus criantes à l'avenir ainsi que les grands enjeux qui en découleront. Mais la détermination de la sensibilité du secteur et de ses aléas aux changements ne permet pas aux aménagistes l'intégration des résultats dans un zonage et ainsi de contrôler les aménagements d'une municipalité avec une grande précision spatiale.

Le processus le plus efficace serait donc plutôt d'identifier les facteurs clés qui conditionnent les processus côtiers et qui pourraient être modifiés par les changements climatiques afin de pouvoir intégrer les résultats des modélisations du climat futur. Malheureusement, les facteurs climatiques clés qui conditionnent les processus côtiers ne sont pas encore tous bien connus et déterminer quel sera leur poids dans l'érosion future est donc un exercice complexe (Bernatchez *et al.*, 2008 a). Une analyse au cas par cas pour déterminer les futures positions de la ligne de rivage semble, à l'heure actuelle, la plus adéquate pour ce type d'analyse car, même si cela augmente le temps de réalisation et le coût, cela augmente également l'efficacité de la prédiction. Une collaboration entre les scientifiques et les gestionnaires est donc primordiale pour intégrer tous ces paramètres à la future gestion des côtes.

5.4.3 Intégration des paramètres humains : occupation du territoire

Aucun des zonages étudiés ne prend en compte les paramètres humains, ce qui est une lacune importante conduisant, notamment, à interdire les constructions à des endroits non risqués et limitant le développement de la municipalité sur ses meilleurs terrains. L'objectif d'un zonage des risques devrait être de minimiser les risques tant actuels que futurs, mais aussi les impacts socio-économiques négatifs, ce que ne parviennent pas à faire les zonages étudiés. Par exemple, le muret qui supporte la promenade municipale dans l'anse du sud du

village de Percé est essentiel à la municipalité pour son développement touristique dû à la très grande densité de bâtiments à haute valeur ajoutée présents en arrière de celui-ci. Son entretien sur le long terme est donc assuré. Sur les 607 mètres de longueur qu'il occupe, la position du trait de côte est donc fixée. Le zonage ne devrait ainsi tenir compte que des aléas ponctuels, tels les vagues, les embruns et les débris que peuvent engendrer les tempêtes, et non du recul potentiel de la ligne de rivage et du trait de côte. Par exemple, dans le zonage découlant des critères de l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord, ce secteur était zoné sur 3,7 ha et dans celui du Nouveau-Brunswick sur 1,8 ha. Pourtant si l'on considère une bande de sécurité de 15 mètres, la surface devant être zonée n'est que de 1,0 ha. Limiter à tort le développement de ces terrains du centre ville, qui abritent de nombreux services commerciaux et touristiques, serait dommageable pour l'économie villageoise.

Lors de l'élaboration d'un zonage côtier, il est donc important de tenir compte du type d'occupation du territoire. Le zonage des risques tel qu'évoqué dans cette recherche ne fait qu'établir des limites probables des risques côtiers. Le fait d'identifier ce qu'il est acceptable ou non de faire dans cette zone n'a pas été évoqué et relève plutôt de décisions politiques ou collectives. Toutefois, il faut savoir que certains aménagements humains peuvent modifier la délimitation même de cette zone à risque en ayant une influence importante sur les processus tant en les accélérant qu'en les ralentissant, voir en les arrêtant. Ainsi, étant donné que les effets d'un choix politique peuvent modifier les paramètres naturels d'évolution de la côte, ces décisions devraient être intégrées au processus décisionnel lorsque l'on établit des projections environnementales pour le futur. Les différents éléments qui devraient être pris en compte comprennent notamment la présence d'un muret municipal ou de défenses côtières :

A) La **présence d'un muret** ou autre infrastructure dont l'autorité compétente (municipale ou supérieure) a décidé d'assumer l'entretien pour tout l'horizon de gestion. Si le trait de côte est fixé, l'érosion peut être considérée comme nulle en arrière de celui-ci. Il faut par conséquent en tenir compte (Meur-Ferec *et al.*, 2008).

B) La **présence de défenses côtières** telles que des enrochements ou des épis qui peuvent aggraver l'érosion en aval de la dérive littorale. La répartition et la nature des défenses

doivent être connues, dans la mesure où elles ont une incidence sur la morphologie du littoral et sur l'action des facteurs de forçage (Fairbank et Jakeways, 2006). La permission d'intervention ponctuelle va avoir des conséquences sur l'ensemble de l'unité hydrosédimentaire. Ne pas les inclure rendrait les zonages moins efficaces.

Les multiples types d'occupation humaine possible doivent également être considérés étant donné la différence dans la nécessité de la proximité au rivage ainsi que dans leur possibilité de déménagement. Ainsi, les emplacements d'un camping ou les infrastructures touristiques légères (petits belvédères, tables de pique-nique...) peuvent être déplacés en suivant l'érosion, il est donc possible de croire que, suivant un choix sociétal, on les laisse s'installer dans les zones à risque d'érosion pour une durée déterminée (Paskoff, 2004 b). L'acceptabilité sociale est en effet importante à considérer même si elle n'a pas été abordée ici car, une fois déterminé avec précision les zones à risque, c'est à la société de choisir ce qu'il est acceptable d'y construire ou non.

Des décisions et des choix peuvent mettre de l'avant le côté impératif de *fixer le trait de côte* à certains endroits comme dans le cas d'une voie ferrée, d'une route stratégique, d'un cœur de village... Si une décision est prise, les infrastructures qui se situent en arrière du trait de côte fixé ne sont plus à risque d'érosion pour l'horizon de gestion considéré. L'intégration des différents « types et pratiques de gestion des défenses côtières » au sein d'une méthodologie de cartographie des risques du littoral liés aux changements climatiques est également mise de l'avant par le programme « *Response* » en Europe (Fairbank et Jakeways, 2006). Cependant, il est difficile d'établir des critères automatiques applicables à grande échelle. Une étude au cas par cas de la situation semble donc la plus adéquate pour prendre en compte les paramètres humains et leur évolution.

L'utilisation de zonages suppose que les instances gouvernementales veuillent limiter les risques pour les populations, principe que certains auteurs tels que Winckel *et al.* (2008) réfutent. Pour eux, les propriétaires devraient être avertis des faits concernant le phénomène sur leur terrain et devraient ensuite être amenés à faire leur propre choix selon le bénéfice qu'ils pourraient en tirer et la valeur de l'investissement qu'ils sont prêts à voir détruit par les aléas. Ils affirment que les zonages laissent trop de zones inexploitées, ce qui représente une perte pour leur propriétaire. Ainsi, l'État devrait se dégager de toute responsabilité et permettre de contourner le zonage et de se bâtir au plus près du trait de côte (Winckel *et al.*, 2008). Si cette solution laisse place au bénéfice individuel sur une courte période, il a déjà été constaté que l'engagement des propriétaires à subir les aléas sans intervenir est souvent oublié au fil du temps ou des transactions immobilières (Division de l'aménagement côtier de la Caroline du Nord, 2009). Cette optique économique ne tient ainsi pas compte des interventions ponctuelles, non concertées que cela peut engendrer. Non intégrée à la dynamique au sein d'une unité hydrosédimentaire, la mise en place d'une solution par un résident pourrait alors avoir des préjudices sur les terrains des propriétaires adjacents. Cela pourrait également remettre en cause l'équité sociale d'où l'importance de l'intégrer dans le processus décisionnel (Dean et Dalrymple, 2004; Cooper et McKenna, 2008).

Rendre le zonage des risques efficace soulève le besoin d'intégrer un nombre important de paramètres à l'image de la complexité de composantes de l'environnement côtier. Les multiples facettes de la géoscience côtière pourraient ainsi augmenter la résilience des communautés face aux risques côtiers et à leurs modifications dans le contexte de changements climatiques (Forbes, 2008) et permettre d'intégrer les paramètres importants dans les zonages pour en réduire les lacunes.

CONCLUSION

Dans les zones côtières de l'Est du Québec, la problématique des géorisques côtiers est importante et il est prévu qu'elle augmente au cours de ce siècle. Ceci est dû tant à l'augmentation des aléas côtiers dans un contexte de variation environnementale et de changements climatiques qu'à la densification des constructions littorales. Assurer une gestion efficace de ces territoires est donc un enjeu majeur pour ces régions.

Connaître *l'évolution historique de l'occupation des terres* permet d'avoir une vision générale des tendances d'aménagement et d'évolution du secteur. Cela permet également de connaître comment les mesures de gestion et de zonage déjà implantées ont influé, ou non, sur les comportements d'aménagement. Pour la zone côtière de la municipalité de Percé, il a été possible de constater une hausse, depuis les années 80, du nombre de bâtiments à risque d'érosion, et ce malgré la mise en place de lois et de règlements de gestion de l'aménagement (LAU en 1979, LQE en 1987 et schéma d'aménagement en 1989). Ces lois n'ont, pour plusieurs raisons, pas réussi à limiter les risques pour les populations. Même dans les cas où des solutions d'adaptation ont été mises en place, comme lors du déplacement de tronçons de routes menacés par l'érosion, il est possible de constater une certaine « mésadaptation » vis-à-vis des géorisques côtiers. En effet, les segments déplacés sont de nouveau, moins de 40 ans plus tard, à risque d'érosion. Ces « mésadaptations » et ces insuffisances de la loi peuvent avoir plusieurs causes : une lacune d'information et de connaissances des processus d'évolution des côtes, une trop grande confiance accordée aux ouvrages de protection contre l'érosion ou une prise de risque consciente pour bénéficier de l'attrait panoramique et touristique que peut représenter la côte. Le fait que les règlements ne soient pas appliqués correctement a ainsi entraîné la hausse des constructions en zone à risque, ce qui soulève le problème de la bonne gouvernance des géorisques de la part des municipalités.

La Loi sur la qualité de l'environnement (LQE), actuellement utilisée pour gérer l'aménagement en zone littorale, n'est pas la seule possibilité qui pourrait s'offrir aux autorités locales. D'autres options théoriques ou pratiques existent dans des secteurs proches. Après avoir comparé ces options de zonages (tableau 1.3) avec l'évolution probable du littoral dans un contexte de changements climatiques, de nombreux points faibles et lacunes ont été constatés. Certaines options sont trop strictes et limitent les possibilités de développements futurs pour la municipalité tels que le zonage tiré de l'entente spécifique sur l'érosion des berges de la Côte-Nord, la proposition de zonage de la MRC ou la politique de protection des rives du Nouveau-Brunswick. D'autres sont trop laxistes et contribuent à permettre des constructions dans des secteurs à risque tels la LQE ou les zonages basés sur les taux d'érosion historiques. Ces lacunes trouvent leur origine dans les méthodes avec lesquelles sont calculées les bandes de protection de ces zonages. Il s'agit principalement du manque d'intégration des processus naturels d'évolution de la côte au sein de la méthodologie utilisée par le zonage. Le manque de prise en compte de la variabilité des paramètres climatiques peut également être la cause de problèmes notamment dans le cas des zonages basés sur les taux historiques qui ne tiennent pas compte de la variabilité de l'environnement au cours des décennies. Enfin, le manque de prise en compte des paramètres anthropiques tels que certaines protections et modifications humaines apportées à la côte peut également poser problème dans la définition d'un zonage efficace.

À la suite de cette étude sur les impacts et l'efficacité des zonages des risques côtiers sur l'organisation du territoire et la prévention des géorisques côtiers, il en ressort *quelques recommandations* quant à la gestion des zones côtières, à la fois pour la zone d'étude de Percé, mais aussi de manière plus générale. Car, comme il a été montré, les constructions en zones côtières sont en augmentation depuis les années 1980 et rien ne semble indiquer que la tendance se modifiera à l'avenir. Ainsi, un zonage efficace des risques est plus que nécessaire afin d'éviter que de nouvelles constructions, ou de nouveaux propriétaires, se retrouvent confrontés aux risques. Tout d'abord, les lacunes constatées dans le zonage de la LQE, actuellement utilisé pour gérer les risques, peuvent provenir d'une différence entre les buts originaux de la loi (voir préambule et objectifs de celle-ci) et l'utilisation qui en est faite par

les communautés. Vu l'importance de la problématique des géorisques côtiers, *une politique spécifiquement dédiée aux risques* est nécessaire. C'est d'ailleurs ce qui a été fait par le gouvernement du Québec en 2001 avec la Loi sur la sécurité civile. Au vu de la difficulté pour des instances locales d'y faire face, un cadre de prévention des risques naturels a été ajouté en 2006 sur le plan national. Leur mise en place progressive devrait donc permettre de mieux faire face à la problématique. Ensuite, à côté de la délimitation exacte des zones à risque sur laquelle nous nous sommes attardés dans cette recherche, plusieurs questions sociétales peuvent être soulevées. Il est possible, en effet, de penser qu'il est préférable de *zoner plus de terrain que moins*, car ainsi on est certain de ne pas créer de futurs problèmes (principe de précaution). Cependant, cela reviendrait à hypothéquer certains terrains et donc le développement économique des municipalités. De plus, la construction dans les zones à risque pourrait continuer selon ce que l'on juge acceptable de mettre en danger versus les retombées économiques qui peuvent en résulter (Winckel *et al.*, 2008). Certains éléments temporaires, déplaçables ou nécessitant la proximité de l'eau pourraient également être autorisés. Ces questions relèvent plutôt d'un choix sociétal qui devrait être pris par la sphère politique et ont donc été sciemment éludées de cette recherche. De plus, il a été noté que les responsables locaux ont besoin de connaître l'emplacement de la future ligne de rivage plutôt que des théories sur de nouveaux zonages (Pethick, 2001; Caron, 2007; Pitre, 2007). L'adéquation entre les besoins des aménagistes et ce que les scientifiques peuvent produire pour eux est une donnée essentielle afin que les connaissances créées par la recherche soient utilisées au mieux. Il conviendrait ainsi de mieux étudier les besoins du milieu local en réalisant des études collaboratives comme cela s'est fait dans le cadre de l'étude de Bernatchez *et al.* (2008) ou de cette étude. Ensuite, même si les zonages que nous avons étudiés ont pour but de protéger les constructions vis-à-vis de l'érosion, ceux-ci peuvent également servir à la *protection environnementale* ou vice-versa. Ce multiple effet bénéfique des zones de protection a été observé par de nombreuses communautés (Clark, 1996). La prise en compte des marges maximales pour l'une ou l'autre des raisons devrait donc être mise en avant au sein d'une gestion intégrée des zones côtières (Stewart *et al.*, 2003). Finalement, il ressort également qu'un travail de *sensibilisation* devrait accompagner le zonage pour l'expliquer aux communautés et aux décideurs, et ce quelle que soit l'option retenue. La sensibilisation et la vulgarisation sont, présentement, souvent oubliées par ceux

qui élaborent les zonages même si ce n'est pas efficace d'agir ainsi car il est plus coûteux de « réparer » les problèmes que d'éduquer le public (Stewart *et al.*, 2003). L'information augmenterait l'acceptabilité sociale des zonages et minimiserait ainsi la vulnérabilité des communautés (Meur-Ferec *et al.*, 2008). L'importance de fournir des informations non techniques est ainsi essentielle en ce qui a trait à la gestion des côtes (McInnes, 2006). En effet, les zonages mis en place doivent être correctement appliqués si on veut qu'ils puissent être efficaces.

Une approche plus intégratrice pour gérer les risques côtiers augmenterait l'efficacité, tant immédiate qu'à long terme, des zonages à la fois dans l'environnement climatique actuel qu'avec les changements climatiques à venir. Ainsi, une *analyse globale de la situation* au travers des géosciences pourra intégrer les taux de recul mesurés ainsi que les éléments physiques, climatiques et humains ayant un impact sur la côte. Une telle approche est jugée nécessaire pour déterminer le plus précisément possible les terrains qui sont susceptibles d'être érodés. Cela permettrait également d'effectuer des réajustements au cours du temps si les tendances venaient à se modifier. En conséquence, les communautés côtières seraient moins vulnérables aux risques côtiers et pourraient mettre en valeur de manière optimale leur territoire.

RÉFÉRENCES

Accord (2002) texte du programme « Accord Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine », 10 p.

Accord (2003) dépliant informatif sur le programme « Accord Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine », 4 p.

Adger, W. N. (2006) « Vulnerability », *Global Environmental Change*, vol. 16, n° 3, p. 268-281

Agence Européenne pour l'Environnement (2009), glossaire disponible en ligne sur : <http://glossary.fr.eea.europa.eu/>, dernière consultation le 20 février 2009

Archives du CN (Canadien National), Photographies aériennes anciennes disponibles en ligne sur le site du musée des sciences et de la technologie du Canada : http://www.imagescn.technomuses.ca/about/index_f.html, dates diverses

Ballinger, R. C., Potts, J. S., Bradly, N. J. et Pettit, S. J. (2000) « A comparison between coastal hazard planning in New Zealand and the evolving approach in England and Wales », *Ocean & Coastal Management*, vol. 43, p. 905-925.

BANQ (2009), Photographies aériennes obliques, de Jacques de Lesseps de 1927, proviennent du Fonds ministère des Terres et Forêts via pistard : http://pistard.banq.qc.ca/unite_chercheurs/recherche_simple, dernière consultation le 18 août 2009.

Belzile, L.-A. (2008) *Comprendre l'érosion côtière – Atelier de formation et d'échange*, Municipalités et ministères, 61 p., atelier à St-Siméon, le 17 avril 2008.

Bernatchez, P. (2006) *Implantation d'un réseau de suivi de l'érosion côtière et bilan de l'érosion pour le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine*, Québec, Rapport de recherche remis au ministère des Affaires Municipales et des Régions du Québec.

Bernatchez, P. (2007) *Bilan des connaissances de la dynamique d'érosion des côtes du Québec maritime laurentien : perspectives de recherche*, présentation PowerPoint.

Bernatchez, P., Fraser, C., Friesinger, S., Jolivet, Y., Dugas, S., Drejza, S. et Morissette, A. (2008 a) *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières*, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis au Consortium Ouranos et au FACC, 256 p.

Bernatchez, P., Fraser, C., Drejza, S., Friesinger, S., Dugas, S. et Jolivet, Y. (2008 b) *Projection d'évolution côtière dans un contexte de changements climatiques : enjeux et vulnérabilités des communautés des régions de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine*, Affiche réalisée dans le cadre du 3^{ème} Symposium Scientifique du consortium Ouranos, Montréal les 19 et 20 novembre 2008.

Bernatchez, P. et Dubois, J.-M. (2004) « Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime Laurentien », *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 58, n° 1, p.45-71.

Bernatchez, P. et Dubois, J.-M. (2008) « Seasonal Quantification of Coastal Processes and Cliff Erosion on fine Sediment Shorelines in a Cold Temperate Climate, North Shore of the St. Lawrence Maritime Estuary, Québec », *Journal of Coastal Research*, vol. 24, n°1A, p. 169-180.

Bernatchez, P. et Quintin, C. (2005) « Portrait préliminaire de la diversité des côtes du Québec maritime ». Rapport de recherche remis au Centre Boréal du Saint-Laurent, Université du Québec à Rimouski, 34 p.

Bird, E. (2008) *Coastal geomorphology: an introduction*, 2^{ème} édition, 411 p.

Blanchard, R. (1935) *L'est du Canada Français*, Montréal, Beauchemin, 2 volumes, in Mongrain, G., *Étude de caractérisation de l'arrondissement naturel de Percé*, Commission des biens culturels du Québec, 2006.

Bourque, A. et Simonet, G. (2008) « Québec », chapitre 5, p 171-226, dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, D.S. Lemmen, F.J. Lacroix et E. Bush (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa.

Boriff, B. J., Emrich, C. et Cutter, S. L. (2005) « Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties », *Journal of Coastal Research*, vol. 21, n°5, p.932-942, 2005

Burgess K. et Townend, I. (2004) « The impact of climate change upon coastal defence structures », *Proceedings of the 39th Defra Flood and Coastal Management Conference*, Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) in Thornes *et al.* 2007

Caron, F. (2006) Communication personnelle, aménagiste de la MRC du Rocher-Percé, entretien semi-dirigé et entrevues téléphoniques

C-Ciarn (2006) révisé par Mehdi B., *S'adapter aux changements climatiques : Une introduction à l'intention des municipalités canadiennes*, 36 p.

Clark, J. R. (1996) *Coastal zone management handbook*, Lewis Publisher, 694 p.

Colantoni, P., Mencucci, D. et Nesci, O. (2004) « Coastal processes and cliff recession between Gabicce and Pesaro (northern Adriatic Sea): a case history », *Geomorphology*, vol. 62, p. 257-268.

Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publique (1997) *La prévention des risques naturels, rapport d'évaluation*, la documentation française éditeur, 702 p., in Institut des risques majeurs : <http://www.irma-grenoble.com>, dernière consultation le 27 mai 2009

Cooper, J.A.G. et McKenna, J. (2008) « Concept of fairness in coastal erosion management ». Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" - Lille, France, du 16 au 18 janvier 2008, 8 p.

Daigneault, M. (2001) Processus d'altération/érosion à l'interface océan / continent / atmosphère : aspects quantitatifs et semi-quantitatifs- Exemple des falaises de l'Est du Canada (Gaspésie). Thèse de Doctorat, Université Jean Monnet, France, 319 p.

Daligaux, J. (2008) « Réviser pour mieux reculer. La prise en compte de la loi littoral dans les premiers PLU provençaux » Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" - Lille, France, 16-18 janvier 2008, 11 p.

Davidson-Arnott, R. G.D. (2005) « Conceptual Model of Effets of Sea Level Rise on Sandy Coasts », *Journal of Coastal Research*, vol. 21, n°6, p. 1166-1172.

Dean, R. G. et Dalrymple, R. A. (2004) *Coastal processes: with engineering applications*, 475 p., Cambridge University Press.

Demers, O. (2007) Communication personnelle, Corporation des Chemin de fer de la Gaspésie, entretien téléphonique.

Département du Pas-de-Calais (France) (2007 a) *Plan de Prévention des Risques littoraux des Falaises du Boulonnais : Note de présentation*, disponible en ligne sur <http://www.pas-de-calais.equipement.gouv.fr>, 28 p.

Département du Pas-de-Calais (France) (2007 b) *Plan de Prévention des Risques littoraux des Falaises du Boulonnais : Règlement*, 21 p.

De Pippo, T., Donadio, C., Penneta, M., Petrosino, C., Terlizzi, F. et Valente, A. (2008) « Coastal hazard assessment and mapping in Northern Campania, Italy », *Geomorphology*, vol. 97, n°3-4, p. 451-466.

Desjardins, M., Frenette, Y., Bélanger, J. et Hétu, B. (1999) *Histoire de la Gaspésie*, nouvelle édition, Les presses de l'université Laval (Québec), 797 p.

Division de l'aménagement côtier de la Caroline du Nord (2009), Département de l'environnement et des ressources naturelles, USA, *CAMA (coastal area management act) - Handbook for Development in Coastal North Carolina*, disponible en ligne sur : <http://dcm2.ehnr.state.nc.us/index.htm>, dernière consultation mai 2009

Dolan, A.H. et Walker, I.J. (2004) « Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks ». *Journal of Coastal Research*, Special issue 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Brazil), pg-pg.

Drejza, S. et Bernatchez, P. (2008) « Évaluation préliminaire des impacts socioéconomiques de l'érosion côtière des régions de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine », chapitre 8, p. 233-244, in Bernatchez *et al.* (2008) *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*.

Dubois, J.-M. (1973) « Essai de classification géomorphologique d'une côte en vue d'une utilisation en génie côtier », *Bulletin de recherche de l'Université de Sherbrooke*, n°10, 96 p.

Dubois, J.-M., Bernatchez, P., Bouchard, J.-D., Daigneault, B., Cayer, D. et Dugas, S. (2005) *Évaluation du risque d'érosion du littoral de la Côte-Nord du Saint-Laurent pour la période 1996-2003*. Conférence régionale des élus de la Côte-Nord, 291 p. + annexes.

Dugas, C. (2009) Communication personnelle, professeur de géographie, Université du Québec à Rimouski,

Environnement Canada (2005) Vidéographie hélicoptère oblique de la côte du Québec

Environnement Canada (2009), normales climatiques et données météorologiques disponibles sur leur site internet : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/canada_f.html, dernière consultation le 10 mai 2009

Fairbank, H. et Jakeway, J. (2006) *Cartographie de l'évolution et des risques du littoral liés au changement climatique*, Dossier de formation. © Centre for the coastal Environment, Isle of Wight Council, 45 p.

Forbes, D. L. (2008) « Climate-change impacts and adaptation: a coastal geoscience perspective », in *Abstracts of the 2008 Colloquium & Annual General Meeting of Atlantic Geology*. p.24.

Fortin, A. (2007) communication personnelle, firme d'ingénieurs-conseils, entretien téléphonique.

Friesinger, S. (2009) *Géorisques côtiers, adaptation et perceptions des communautés côtières dans le golfe du Saint-Laurent*, mémoire de maîtrise en géographie, Université du Québec à Rimouski, 221 p.

Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2009 a) « L'importance des archives dans l'étude des événements météorologiques extrêmes pour la gestion des géorisques côtiers », en cours de publication, 41 p.

Friesinger, S. et Bernatchez, P. (2009 b) « Perceptions des communautés côtières du golfe du Saint-Laurent face aux changements environnementaux : aléas et adaptations, Québec, Canada », en cours de publication, 24 p.

Füssel, H.-M. (2007) « Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research », *Global Environmental Change*, vol. 17, p. 155-167.

Gallopin, G. C. (2006) « Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity », *Global Environmental Change*, vol. 16, p. 293-303

GIEC (2001) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, 1032 p.

GIEC (2007 a) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Résumé pour les décideurs du groupe de travail I*, 18 p.

GIEC (2007 b) Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, *Bilan 2007 des changements climatiques : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Résumé à l'intention des décideurs du groupe de travail II*, 19 p.

Goujon F. (2006) communication personnelle in Bernatchez 2007

Gouvernement du Québec, voir MDDEP (1987)

Gornitz, V. M., Beaty, T. W. et Daniels, R. C. (1997) *A coastal hazards data base for the U.S. west coast*, 150 p.

Grand dictionnaire de terminologie, office québécois de la langue française, site internet : <http://www.granddictionnaire.com>, dernière consultation en août 2009

Hénaff, A., Lageat, Y., Costa, S. et Plessis, E. (2002) « Le recul des falaises crayeuses du Pays de Caux: détermination des processus d'érosion et quantification des rythmes d'évolution », *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, vol. 2, p. 107-118.

Hétu, B. (2001) « Une géomorphologie socialement utile, la question des risques naturels », chapitre 3, p. 61-92 dans *Géographie et société : vers une géographie citoyenne*, sous la direction de Laurin, S., Klein, J.-L. et Tardif, C., Presses de l'université du Québec, collection Géographie contemporaine.

Holgate-Pollard, D. (1996) « Policy, Legislation and Guidelines », p. 17-25, in Fleming, C. A., *Coastal management - putting policy into practice*, résumés de la conférence tenue à Bournemouth (G.-B.) du 12 au 14 novembre 1995, Telford éditeur, Londres.

Institut de la statistique du Québec (2006) *Recensement de la population de 2001 et 2006*, consulté sur internet : <http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/recens2001> et 2006

IRDA (2009), Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, site internet : <http://www.irda.qc.ca/documents/type/3.html>, consulté le 3 août 2009

Jolicoeur, S. et O'Carrol, S (2007) « Sandy barriers, climate change and long-term planning of strategic coastal infrastructures, Îles-de-la-Madeleine, Gulf of St. Lawrence (Québec, Canada) », *Landscape and Urban Planning*, n° 81, p. 287-298.

Jolivet, Y. et Bernatchez, P. (2008) « Analyse du climat maritime historique des régions côtières de Sept-Îles, de Percé et des Îles-de-la-Madeleine », chapitre 3, p. 29-82, in Bernatchez *et al.*, *Sensibilité des côtes et vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques*.

Klein, R. J.T. et Nicholls, R. J. (1999) « Assessment of coastal vulnerability to climate change », *Ambio*, vol. 28, n° 2, p. 182-187

Klein, R. J.T., Nicholls, R. J. et Mimura, N. (1999) « Coastal adaptation to climate change: can the IPCC technical guidelines be applied? », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 4, p. 239-252.

Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., Ragoonaden, S., Capobianco, M., Aston, J. et Buckley, E.N. (2001) « Technological options for adaptation to climate change in coastal zones ». *Journal of Coastal Research*, vol. 17, n° 3, p. 531-543.

Komar, P.D. (1998) *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2nd edition, 544 p.

Koohzare, A., Vaníček, P. et Santos, M. (2008) « Pattern of recent vertical crustal movements in Canada », *Journal of Geodynamics*, vol 45, p. 133-145.

Labé, D. (2007) communication personnelle, ingénieur au MTQ, entretien téléphoniques et échange de courriels.

Laflamme, B. (2007) Communication personnelle, ancien employé du MTQ pour la Gaspésie, entretien téléphonique.

Lajoie, M. (2006) *Contribution d'un système d'information géographique à la gestion intégrée de la zone côtière : le cas de l'estuaire du Saint-Laurent*, mémoire de maîtrise en gestion maritime, UQAR, 88 p.

LDGIZC (2006 à 2009) Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Données et rapports internes.

Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J. et Bush, E. (éditeurs) (2008) *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007*, Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 448 p.

Loi dite loi littorale (France) (1986); Loi n° 86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, <http://www.legifrance.gouv.fr>, d'après le journal officiel, 28 février 2002

Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, LAU (1979) L.R.Q., chapitre A-19.1, Gouvernement du Québec, disponible en ligne sur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca>, 1979

Loi sur la qualité de l'environnement, LQE (1987) L.R.Q., chapitre Q-2, Gouvernement du Québec, disponible en ligne sur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca>.

Loi sur la sécurité civile, L.R.Q. (2001) chapitre S-2.3, Gouvernement du Québec, disponible en ligne sur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca>.

MAMR (2006), ministère des Affaires municipales et des Régions, rôle d'évaluation municipale, réalisé en 2006 pour le secteur de Percé

McInnes, R. (2006) *Répondre aux risques liés au changement climatique dans les zones côtières. Un guide des bonnes pratiques*. Éditeur Centre for the coastal Environment, Isle of Wight Council, document produit dans le cadre du programme Response, 85 p.

Meur-Ferec, C. (2006) *De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : un itinéraire de géographe*, document présenté en vue de l'habilitation à diriger des recherches, volume 1, 247 p.

Meur-Ferec, C., Deboudt, P. et Morel, V. (2008) « Coastal Risks in France: An Integrated Method for Evaluating Vulnerability », *Journal of Coastal Research*, vol. 24, n° 2B, p. 178-189.

Meyer, W. B. (1996) *Human impact on the Earth*, Cambridge university press, 253p.

Miller, P., Mills, J., Edwards, S., Bryan, P., Marsh, S., Mitchell, H. et Hobbs, P. (2008) « A robust surface matching technique for coastal geohazard assessment and management », *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 63, n° 5, p. 529-542.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement de France (1997 a) *Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) : guide général*, la documentation française éditeurs, 76 p.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement de France (1997 b) *Plans de prévention des risques littoraux (PPR) : guide méthodologique*, la documentation française éditeurs, 54 p.

MDDEP (1987), Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs Politique, *Politique de protection des rives, du littoral et de plaines inondables*, c. Q-2, r.17.3 dans le cadre de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2, a. 2.1), disponible en ligne sur le site des publications du Québec <http://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca>.

MDDEP (2007), Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs Politique, *Protection des rives, du littoral et des plaines inondables - Guide d'interprétation*, 148 p.

MDDEP (2009), Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs du Québec, site internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rives/richeesse/index.htm>, dernière consultation le 28 mai 2009

MEDD (2004 a), Ministère de l'Écologie et du Développement durable, France, *Les mouvements de terrain – dossier d'information*, collection sur les risques naturels majeurs, 24 p.

MEDD (2004 b), Ministère de l'Écologie et du Développement durable, France, *Les risques majeurs – guide général*, 68 p.

Ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux du Nouveau-Brunswick (2002), Direction de la planification durable, *Politique de protection des zones côtières pour le Nouveau-Brunswick*, 18 p.

MTQ (2009), Ministère des Transports du Québec, *Érosion côtière*, article sur le site internet du ministère, dernière consultation le 27 mai 2009 sur <http://www.mtq.gouv.qc.ca>.

MSP (2008), Ministère de la Sécurité Publique du Québec, *Concept de base en sécurité civile*, 46 p.

MSP (2007 à 2009), Ministère de la Sécurité Publique du Québec, information disponible sur le site internet : <http://www.msp.gouv.qc.ca/msp>, dernière consultation avril 2009.

Miossec, A. (2004) *Les littoraux entre nature et aménagement*, Armand Colin éditeur, 191 p.

Mongrain, G. (2006) Recherche et rédaction, *Étude de caractérisation de l'arrondissement naturel de Percé*, Commission des biens culturels du Québec, 74 p.

Moore, L. J (2000) « Shoreline mapping techniques ». *Journal of Coastal Research*, vol. 16, n°1, p. 111-124.

Morneau, F., Michaud, M., Lecours, F., Côté, L. et Roy, D. (2001) *Étude d'impact sur l'environnement : projets de protection des berges le long de la route 132 autour de la péninsule gaspésienne*, ministère des Transports du Québec, 84 p. et annexes.

Mörner, N.-A. (2004) « Estimating future sea level changes from past records », *Global and Planetary Change*, vol. 40, p. 49-54.

MRC Rocher Percé (1989), *Schéma d'aménagement et de développement*, 1^{er} schéma de la MRC, entré en vigueur le 05-04-1989 sous le nom de schéma d'aménagement de la municipalité régionale de comte de Pabok.

MRC Rocher Percé (2005) *Premier projet de Schéma d'aménagement et de développement révisé de la MRC du Rocher-Percé*, mai 2005, 146 p.

Municipalité de Percé (2009), site internet officiel de la municipalité, http://www.ville.perce.qc.ca/?id=1&titre=Ville_de_perce, dernière consultation décembre 2009.

National Research Council, éditeur (1990) *Managing Coastal Erosion* in Dean et Dalrymple, 2004

Office québécois de la langue française (2008), voir *Grand dictionnaire de terminologie*

Ouranos (2009) données sur les changements québécois du climat, site internet : <http://www.ouranos.ca/fr/> dernière consultation le 27 mai 2009, conférences et affiches diverses.

Parkes, G.S., Forbes, D.L. et Ketch, L.A., (2006) « Élévation du niveau de la mer et subsidence régionale », p. 38-100, dans : Daigle, R., éditeur, *Les impacts du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer sur la zone côtière du sud-est du Nouveau-Brunswick*, Environnement Canada, 646 p.

Paskoff, R. (2001 a) *L'élévation du niveau de la mer et les espaces côtiers : le mythe et la réalité*, institut océanographique éditeur, Paris, collection « Propos », 190 p.

Paskoff, R. (2001 b) compilateur. *Le changement climatique et les espaces côtiers : « l'élévation du niveau de la mer : risques et réponses »*. Actes du colloque d'Arles, 12 et 13 octobre 2000, la documentation française éditeur, 97 p.

Paskoff, R. (2003) *Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution*. 3^{ème} édition revue et corrigée, Paris : Armand Colin éditeur, Collection U, série « Géographie », 260 p.

Paskoff, R. (2004 a) Potential implication of Sea-level Rise for France, *Journal of Coastal Research*, vol 20, n°2, p 424-434.

Paskoff, R. (2004 b) *Côtes en danger*, 2^{ème} édition, Paris : L'Harmattan, 250 p.

Pellegri, M. (2008) « Construction et représentations d'un paysage littoral. D'un outil de compréhension vers l'invention d'un territoire. », Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" - Lille, France, 16-18 janvier 2008, 7 p.

Peng, B., Hong, H., Xue, X. et Jin, D. (2006) « On the measurement of socioeconomic benefits of integrated coastal management (ICM): Application to Xiamen, China », *Ocean & Coastal Management*, n° 49, p. 93-109.

Pethick, J. (2001) « Coastal management and sea level rise », *Catena*, vol. 42, p. 307-322.

Pichat, J. et Patsy (1998) *Plan directeur du patrimoine de la Gaspésie*, Conseil de la culture de la Gaspésie, 203 p. et 5 annexes in Rioux-Pin, 2008.

Pierre, G. (2006) « Processes and rate of retreat of the clay and sandstone sea cliffs of the northern Boulonnais (France) », *Geomorphology*, n°73, p. 64-77.

Pigeon, P. (2005) *Géographie critique des risques*. Économica Anthropos éditeur, 217 p.

Pinot, J.-P. (1998) *La gestion du littoral, Tome 1 – Littoraux tempérés côtes rocheuses et sableuses*, Institut océanographique éditeur, Paris, 399 p.

Pitre, G. (2007 et 2008) directeur de l'urbanisme et responsable des permis de construction de la municipalité de Percé, entretiens et courriels.

Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (1987) : voir MDDEP

Polomé, P., Marzetti, S. et van der Veen, A. (2005) « Economic and social demands for coastal protection », *Coastal engineering*, n°52, p.819-840.

Protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Méditerranée (2008) disponible en ligne sur le site du Centre d'action côtière du Programme d'action prioritaire (France/Grande-Bretagne) : <http://www.pap-thecoastcentre.org>, 21 p.

Provencher, L. et Dubois, J.-M. (2010) « Proposition d'une nomenclature géomorphologique du rivage lacustre et comparaison avec les rivages côtiers et fluviaux », *Le Naturaliste Canadien*, vol. 134, n° 1, p. 90-96.

Pugh, D. (2004) *Changing sea levels: effects of tides, weather and climate*, Cambridge University Press éditeur, 265 p.

Radio-Canada (2009) *Une meilleure communication souhaitée*, article sur l'érosion des berges dans l'Est du Québec, vendredi 10 avril 2009, disponible en ligne sur : <http://www.radio-canada.ca/regions/est-quebec>

Radio-Canada (2009) *Impact du niveau de la mer sur les zones côtières*, Jacques Giguère, reportage à la semaine verte, disponible en ligne sur : <http://www.radio-canada.ca/actualite/semaineverte>

Recensement Canada (2006) données du dernier recensement de 2006, disponibles en ligne sur : <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-fra.cfm>, dernière consultation avril 2009

Région Bretagne (France) (2009) *La zone côtière c'est quoi ?*, site internet : <http://www.labretagneetlamer.fr/?q=node/108>, dernière consultation le 27 mai 2009

Répertoire Canadien des lieux patrimoniaux (2009) disponible en ligne sur le site internet : http://www.historicplaces.ca/visit-visite/rep-reg_f.aspx, dernière consultation le 3 août 2009.

Ressources naturelles Canada (2004) Rédacteurs et coordonnateurs : D. S. Lemmen et F. J. Warren. *Impact et adaptation liés aux changements climatiques : perspectives canadiennes*. Direction des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ottawa, Ontario, 219 p.

Rioux-Pin, V. (2008) *Évaluation du risque d'érosion et de submersion des infrastructures et des sites patrimoniaux*, mémoire de baccalauréat, Université du Québec à Rimouski, 50 p. + annexes.

Rochette, J. (2008) « Subir, dire, agir... Récents développements sur la protection des zones côtières en Italie », Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir" - Lille, France, 16-18 janvier 2008, 9 p.

Robin, M. et Verger, F. (1996) *Pendant la protection, l'urbanisation continue*, atelier n° 13, 48 p. in Conservatoire du littoral éditeur (1996), *Annales 1996 des Ateliers du Conservatoire*, 200 p.

Roussel, S., Rey-Valette, H., Henichart, L.-M. et Pi Alperin, M.-N. (2009) « Perception des risques côtiers et gestion intégrée des zones côtières (GIZC) », *La Houille Blanche*, n° 2, p. 67-74.

Sabatier, F., Samat, O., Brunel, C. et Heurtefeux, H. (2008) « Détermination d'une ligne de recul sur les littoraux en érosion - Exemple des plages du golfe du Lion (Méditerranée française) », Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir", Lille, France, du 16 au 18 janvier 2008, 8 p.

- Sauchyn, D. et Kulshreshtha S. (2008) « Prairies », chap. 7 dans *Vivre avec les changements climatiques au Canada : édition 2007* de Lemmen, D.S., Warren, F.J., Lacroix, J. et Bush, E. (éditeurs), Gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario), 2008, p. 275-328.
- Savard, J.-P. (sans-date) *Érosion des berges au Québec - Impacts des changements climatiques*, présentation orale, consortium Ouranos.
- Savard, J.-P., sous la direction de (2008) *Étude de la sensibilité des côtes et de la vulnérabilité des communautés du golfe du Saint-Laurent aux impacts des changements climatiques - Synthèse des résultats*, Ouranos, 58 p.
- Savard, J.-P., Bernatchez P., Morneau, F. et Saucier, F. (2009) « Vulnérabilité des communautés côtières de l'Est du Québec aux impacts des changements climatiques ». *La Houille blanche*, n° 2, p. 59-66.
- Senneville, S. et Saucier, F. (2008) *Étude de sensibilité de la glace de mer au réchauffement climatique dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent*, rapport d'étape, 30 p.
- Service Canadien des Glaces (2009), données disponibles sur leur site internet : <http://ice-glaces.ec.gc.ca>, dernière consultation le 27 mai 2009
- Service hydrographique du Canada (2009) *Marées, courants et niveau d'eaux*, disponible en ligne sur : <http://www.marees.gc.ca/french/Canada.shtml>, dernière consultation 1 août 2009.
- Shaw, J., Taylor, R.B., Forbes, D.L., Ruz, M.-H. et Solomon, S. (1998) *Sensitivity of the coast of Canada to sea-level rise*; Bulletin 505 de la Commission géologique du Canada, 79 p.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T. et Street, R. (1999) «The science of adaptation: a framework for assessment », *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 4, p. 199-213.
- Sorensen, J.C. et McCreary, S.T. (1990) *Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources and Environments*, revised second edition, Renewable Resources Information Series, Coastal publication n°1, United States National Park Service, 194 p.
- Statistique Canada, recensements de la population disponibles en ligne : <http://www.statcan.gc.ca/>, dernière consultation le 27 mai 2009
- Stern, N. (réd.) (2007) *Stern Review on the Economics of Climate Change*, 575 p., disponible sur internet en date du 30 octobre 2006: http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change.
- Stewart, P.L., Rutherford, R.J., Levy, H.A. et Jackson, J.M. (2003) *A Guide to Land Use Planning in Coastal Areas of the Maritime Provinces*, Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2443 Pêches et Océan Canada, 165 p.

- Tarasov, L. et Peltier, W.R. (2004) « A geophysically constrained large ensemble analysis of the deglacial history of the North American ice-sheet complex » *Quaternary Science Reviews*, vol. 23, p. 359-388.
- Thorne, C.R., Evans, E.P. et Penning-Rowsell, E.C. (2007) *Future flooding and coastal erosion risks*, Thomas Telford éditeur, 514 p.
- Tolvanen, H. et Kalliola, R. (2008) « A structured approach to geographical information in coastal research and management », *Ocean & Coastal Management*, vol. 51, n° 6, 2, p. 485-494.
- Whitehouse, R.J.S. et Sutherland, J. (2001) *COAST3D data report – 3D experiment*, Teignmouth, UK. HR Wallingford Report TR 119.
- Winckel, P.R., Vrijling, J. K. et Van de Graaff, J. (2008) « Developing a building policy for the erosion zone – Solutions to some key (Dutch) questions », *Coastal Engineering*, vol. 55, p 79-92.
- Zeidler, R. B. (1997) « Continental shorelines: climate change and integrates coastal management », *Ocean & Coastal management*, vol. 37, N° 1, p. 41-62.

ANNEXES

Annexe 1 : Définitions des types de côte

Type de côte	Définition
Marais maritime	Les marais maritimes sont des zones d'accumulation de sédiments fins colonisées par de la végétation herbacée.
Flèche littorale	Accumulation de sable et/ou de gravier qui s'attache à la côte et qui s'étire généralement en parallèle à la côte dont l'extrémité est libre.
Flèche littorale à marais maritime	Flèche littorale bordée par un marais maritime.
Terrasse de plage	Accumulation de sable et/ou gravier littoral formée d'un replat généralement végétalisé qui est très rarement submergé par les marées. Le replat est parfois bordé sur sa partie inférieure par un talus d'érosion (microfalaise) de moins de 1,5 m de hauteur.
Basse falaise rocheuse	Côte caractérisée par un escarpement rocheux de 1,5 à 5 m de hauteur.
Moyenne falaise rocheuse	Côte caractérisée par un escarpement rocheux de 5 à 10 m de hauteur.
Haute falaise rocheuse	Côte caractérisée par un escarpement rocheux supérieur à 10 m de hauteur.

D'après Bernatchez *et al.*, 2008 a

Annexe 2 : Définition de l'état de la côte

État de la côte	Définition
Active	Côte naturelle qui présente des d'érosion vive et/ou qui est végétalisée à moins de 25 %. Présence de cicatrices géomorphologiques laissées par les processus d'érosion
Semi-végétalisée / Semi-active	Tout type de côte naturelle qui présente des signes partiels d'érosion et/ou qui est végétalisée entre 25 % et 75 %
Végétalisée / Stable	Tout type de côte naturelle qui ne présente aucun signe d'érosion et/ou qui est végétalisée à plus de 75 %
Artificielle	Côte naturelle modifiée par une structure rigide. Exemple : épis, enrochements, murets...

D'après Bernatchez *et al.*, 2008 a

Annexe 3 : Adaptation du zonage du comité d'experts sur l'érosion des berges
de la Côte-Nord

Type de côte	Aléa	Périmètre urbain	
		Marge de sécurité	Recommandation d'intervention
Flèche sableuse	Érosion / Submersion	Aucune	Inconstructible sur toute la flèche Étude du risque de submersion Épis et fascines
Microterrasse (< 1,5 m)	Érosion / Submersion	TR x 30ans + 15 m ou marge minimale de 60m	Inconstructible dans la marge de sécurité Étude du risque de submersion Recharge en sable périodique Épis et fascines épis rocheux avec ou sans recharge de sable
Marais salé	Érosion / Submersion	Délimité par photointerprétation et marge minimale de 60m	Inconstructible dans la marge de sécurité Étude du risque de submersion Aboiteau (digue enrochée avec noyau imperméable en argile) Remblai pour hausser les maisons Enrochement
Dunes côtières	Érosion / Avancée dunaires	TR x 30ans + 15 m à partir de la limite des dunes vers l'intérieur des terres	Inconstructible dans la zone de protection Interdiction de circuler en VTT Conserverie intégrale
Falaise silt/argile (hauteur>5m)	Érosion / Glissement de terrain	(2x Ht ou 40m max) + TR x 30 ans	Inconstructible dans la marge de sécurité Évaluation des risques de mouvement de masse Travaux de stabilisation rééquilibrage de la pente, contrepoids, enrochement (perte de la plage)
Falaise silt/argile (hauteur>5m) avec présence d'anciennes coulées argileuses	Érosion / Glissement de terrain	1,5 x GR	Inconstructible dans la marge de sécurité Évaluation des risques de mouvement de masse Travaux de stabilisation rééquilibrage de la pente, contrepoids, enrochement (perte de la plage)
Falaise silt/argile hauteur<5m	Érosion	TR x 30 ans + 15 m ou marge minimale de 50 m	Inconstructible dans la marge de sécurité Enrochement (perte de la plage)
Falaise sable	Érosion	TR x 30 ans + 15 m ou marge minimale en fonction de la hauteur du talus Hauteur talus=Marge 5m=50m 10m=40m 15m=30m >20m=20m	Inconstructible dans la marge de sécurité Recharge en sable périodique Épis rocheux Épis rocheux et recharge en sable périodique Rééquilibrage de la pente Épis et fascines Enrochement avec recharge en sable périodique Enrochement (perte de la plage)
Falaise till	Érosion	1 x Ht + TR x 30ans ou marge minimale de 20 m	Inconstructible dans la marge de sécurité Enrochement (perte de la plage)
Côte rocheuse basse (ingée)	Submersion	10 ou 15 m minimum	Inconstructible dans la marge de sécurité Étude de risque de submersion
Côte rocheuse basse (sédimentaire)	Submersion et Érosion		
Falaise rocheuse (ignée)	Aucun	10 ou 15 m minimum	Inconstructible dans la marge de sécurité
Falaise rocheuse (sédimentaire)	Érosion	TR x 30 ans + 15 m	Inconstructible dans la marge de sécurité

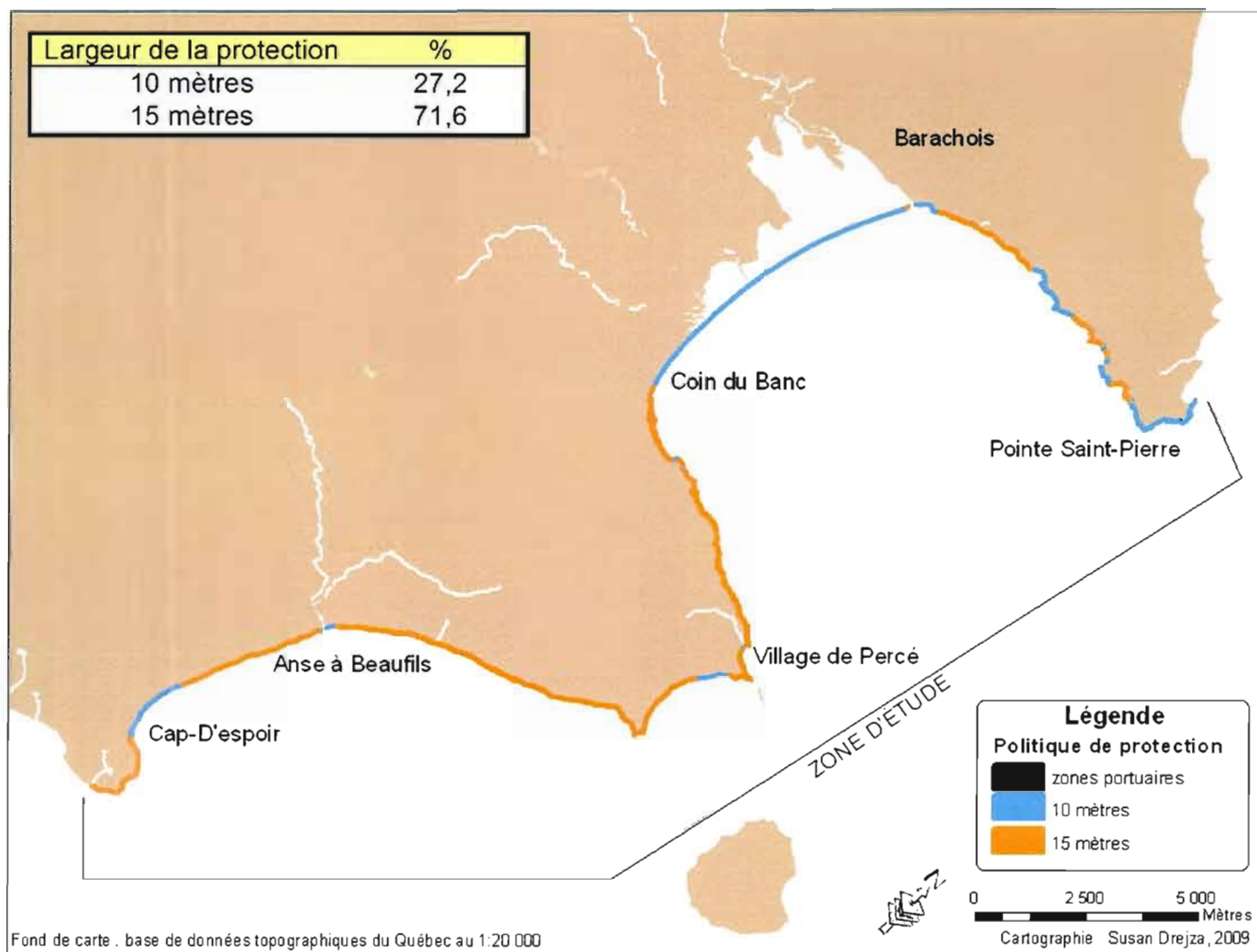
Modifié de Dubois *et al.*, 2005

TR = moyenne des taux de recul supérieurs (m/an)

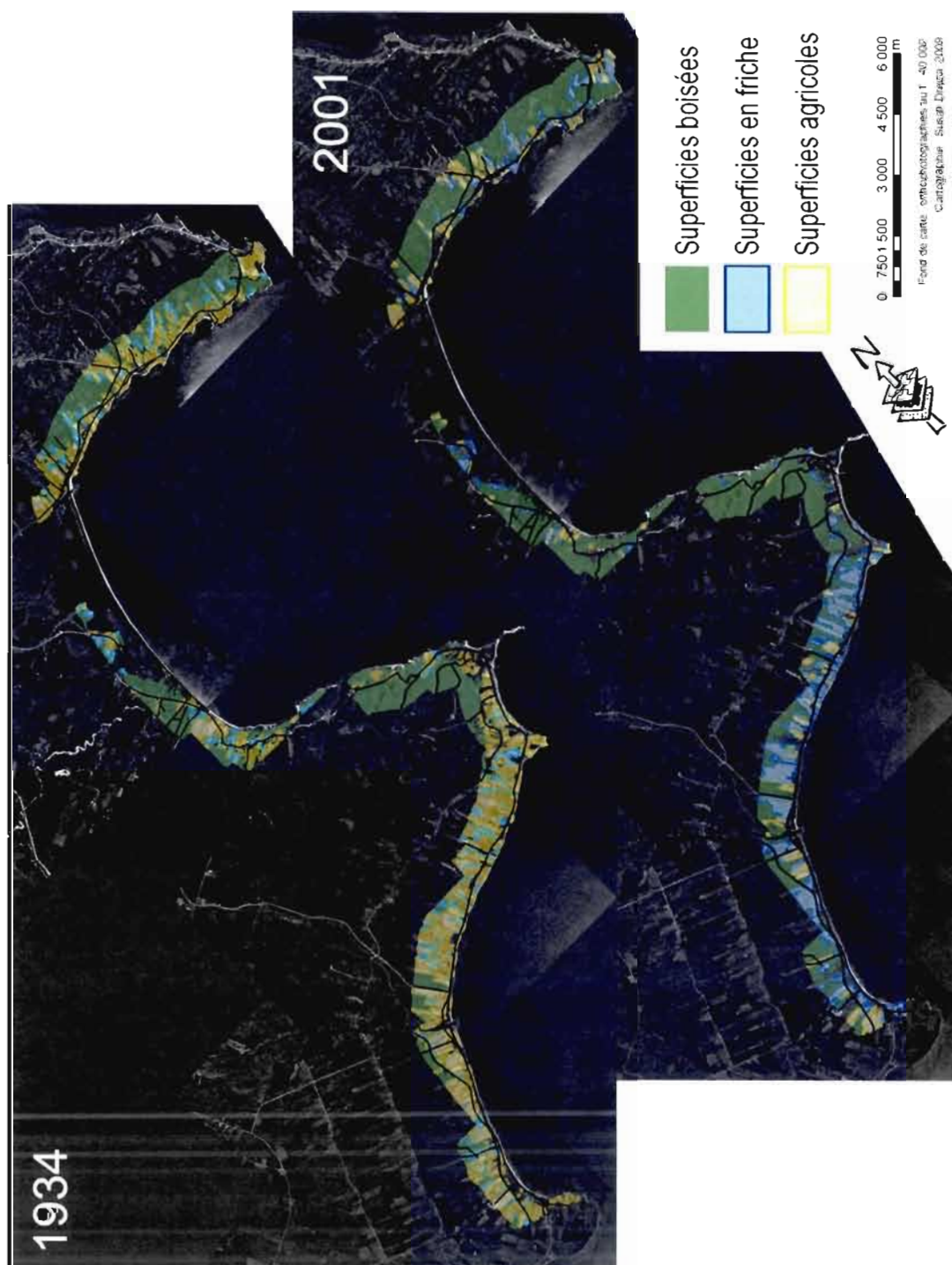
Ht = Hauteur du talus

GR = plus grande rétrogression

Annexe 4 : Carte de répartition des zones de protection selon la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (LQEI)



Annexe 5 : Évolution des superficies agricoles, forestières et en friche pour la zone littorale de Percé entre 1934 et 2001



Annexe 6 : Voies de communication à risque en 2001

